



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ESTUDIO Y MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO DE UN FÁBRICA DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN DE ALTA RESISTENCIA.

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Mecánica

REALIZADO POR

Andrea Elena González Martínez

TUTORIZADO POR

Pablo César Olmeda González

CURSO ACADÉMICO: 2019/2020

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	2
Objetivos del mantenimiento	3
Responsabilidades principales	4
2. INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA	7
Proceso de fabricación de tornillos.....	9
Prensas combinadas.....	11
Elecnor como parte del mantenimiento integral de la factoría.....	14
3. SITUACIÓN ACTUAL.....	18
Estudio cuantitativo	19
Estudio cualitativo	21
Carencias detectadas	23
4. PROPUESTAS DE MEJORA	24
Organización e inventariado del almacén basado en documentación actualizada.....	25
Creación de planes de mantenimiento preventivo.....	29
Organización de intervenciones planificadas.....	32
5. IMPLANTACIÓN	35
Organización e inventariado del almacén basado en información actualizada.....	36
Creación de planes de mantenimiento preventivo.....	39
Organización de intervenciones planificadas.....	44
6. RESULTADOS	54
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
8. PRESUPUESTO	65
9. BIBLIOGRAFÍA.....	68
10. ANEXO I	70
11. ANEXO II	72
12. ANEXO III	74
13. ANEXO IV	76

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo estudiar el mantenimiento mecánico que se realiza en una fábrica de elementos de alta resistencia y, en base a las necesidades del cliente, proponer mejoras enfocadas en optimizar el desempeño del equipo de mantenimiento y por consiguiente mejorar el funcionamiento de las máquinas y la capacidad productiva de la planta.

Comúnmente, el mantenimiento se define como la disciplina o profesión que aplica conceptos de ingeniería para la optimización de equipos, procedimientos y partidas presupuestarias para alcanzar mejor mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de activos.

Antes que nada, la mantenibilidad refiere a la facilidad con la que un activo puede ser mantenido de modo que se puedan corregir deficiencias, reparar elementos defectuosos sin sacrificar elementos en buen estado, prevenir desviaciones de funcionamiento, adaptarse a nuevos requerimientos y maximizar su vida útil, eficiencia, confiabilidad y seguridad. A su vez, la confiabilidad se enfoca en la capacidad de un activo de funcionar bajo ciertas condiciones por un periodo específico de tiempo.

El rango de responsabilidades asignadas al mantenimiento se ha ampliado notoriamente desde su origen en la revolución industrial. En la actualidad, no puede únicamente limitar su labor a la reacción inmediata ante emergencias y fallos por sobreesfuerzos. La industria requiere la estabilización de sus operaciones y el aumento de su rentabilidad a través de infraestructura adecuada y sistemas, procesos y procedimientos correctamente ejecutados que conlleven la minimización de costes, maximización de producción y mejora de la calidad.

A continuación se presenta, de manera simplificada, los objetivos que se asignan hoy en día a los departamentos de mantenimiento en la industria. Cada objetivo tiene repercusión directa en el buen funcionamiento de una planta, justificando su importancia y necesidad.

Objetivos del mantenimiento

- Disminución del coste de producción por unidad: esta variable es una de las de mayor impacto en la rentabilidad de una empresa. La mejora de la confiabilidad de los activos se refleja en la reducción de los costes de producción y el aumento de la cantidad de unidades producidas.
- Reducción del coste de mantenimiento: cuando los activos están trabajando correctamente sin paradas de emergencia por averías, las labores de mantenimiento se pueden realizar de acuerdo a lo planificado. Lo cual resulta en un aumento de la eficiencia del equipo, menos recambios utilizados, menos horas de trabajo extra y menor personal.
- Mejora de la estabilidad de los procesos: al reducir paradas imprevistas de producción y frecuencia de averías, el proceso de manufactura es más estable y predecible con lo cual aumenta teóricamente la capacidad productiva de la empresa.
- Extensión de la vida útil de los activos: como es de esperar, al aumentar la vida útil de los activos disminuye drásticamente la necesidad comprar de máquinas de sustitución y puede priorizarse la inversión en nuevos procesos e investigación y desarrollo.
- Reducción del inventario de repuestos: la optimización del espacio y los recursos del almacén derivan en intervenciones rápidas y precisas. Además, se evitan gastos injustificados en compra de recambios innecesarios.

- Reducción de personal requerido y horas extras de trabajo: al planificar el mantenimiento y gestionarlo de manera eficiente, se reduce el número de personas que se necesitan trabajando durante un mismo turno. Adicionalmente, se reduce la posibilidad de una avería crítica que requiera contratar personal de apoyo o trabajar horas extra.
- Mejoras en la seguridad de los trabajadores: como es de esperarse, al mejorar el funcionamiento de las máquinas y la estabilización de procesos, los accidentes laborales se vuelven menos frecuentes.

Ahora bien, para alcanzar dichos objetivos, es necesario cumplir con ciertas responsabilidades. La asignación de estas responsabilidades depende en gran medida de la organización existente en cada planta y los departamentos especializados disponibles para la adjudicación de áreas a supervisar. En algunos casos, las tareas que no se han podido adjudicar a otros departamentos recaen sobre el equipo de mantenimiento por su amplio conocimiento del funcionamiento de la planta y la variedad de áreas de trabajo.

Responsabilidades principales

- Mantenimiento de los activos en la planta: es una de las responsabilidades básicas y la razón de ser del mantenimiento. Consiste en realizar las reparaciones requeridas por los activos de forma rápida y económica y, en la medida de lo posible, anticipar y evitar las averías antes de que estas ocurran.
- Mantenimiento de la infraestructura de la planta: generalmente el mantenimiento de las instalaciones e infraestructura recae sobre el departamento de mantenimiento. Abarca tareas relacionadas con reparaciones y alteraciones menores a edificios, cubiertas, pintura, cristalería, fontanería y electricidad.
- Inspección y lubricación de activos: es una de las tareas más comunes del mantenimiento. Se suele combinar con el mantenimiento de los activos en planta y se relaciona con el mantenimiento preventivo (se explicará más adelante).
- Alteraciones y nuevas instalaciones: dependiendo del tamaño y el tipo de organización de la empresa, las obras nuevas recaen sobre el departamento de mantenimiento en menor o mayor medida. En cualquiera de los casos, se suele requerir comunicación y traspaso de información para organizar el futuro mantenimiento de nuevas instalaciones.
- Gestión de almacenes de mantenimiento: la gestión de los almacenes de recambios mecánicos y eléctricos suele estar en manos del equipo de mantenimiento ya que parte de su trabajo es definir cuáles recambios y cuántos se requieren periódicamente para garantizar el buen funcionamiento de la planta.
- Seguridad y vigilancia de la planta: en algunos casos se suelen cubrir estos servicios ya que, de todos los departamentos de una empresa, mantenimiento es el que mayor relación tiene con la supervisión del estado de la planta.
- Gestión de residuos: en plantas donde no hay un departamento específico, se asignan estas responsabilidades al equipo de mantenimiento.
- Gestiones técnico-legales: en algunas empresas uno o varios miembros del equipo de mantenimiento desempeña las funciones de técnico-legal, gestionando el cumplimiento de normativas y reglamentos.

Para alcanzar los objetivos establecidos y cumplir con las responsabilidades asignadas, se suelen aplicar tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo. La principal diferencia entre cada tipo se basa en el momento en el que se implementa la tarea de mantenimiento.

El mantenimiento correctivo se realiza una vez ha ocurrido la avería o se ha detectado mal funcionamiento. Su objetivo se centra en mantener los activos en condiciones adecuadas para su funcionamiento a través de reparaciones que se realizan a medida que se van necesitando.

Las tareas realizadas bajo el mantenimiento preventivo se ejecutan antes de que un fallo o avería sea evidente. Se basa en revisiones periódicas que estudian el estado de los activos y hacen seguimiento de la evolución del desgaste de los elementos. A partir de estas revisiones se organizan acciones correctivas planificadas que anteceden las averías y previenen la necesidad de mantenimiento correctivo. Generalmente, el mantenimiento preventivo abarca lubricación y engrase periódico, ajustes y sustitución de elementos de seguridad y verificación de indicadores.

Por último, el mantenimiento predictivo es una técnica que intenta predecir una avería futura a través de modelos de desgaste y funcionamiento. De este modo, el elemento afectado puede ser reemplazado justo antes que se produzca la avería para minimizar el tiempo de parada del activo y maximizar su disponibilidad.

Ahora bien, dependiendo del tamaño de la empresa y de la estructura de gestión, el mantenimiento puede ser un departamento independiente como se muestra en la Figura 1 o dependiente de otros como producción o ingeniería (Figura 2).



Figura 1 Organigrama con mantenimiento independiente



Figura 2 Organigrama con mantenimiento dependiente de producción

Adicionalmente, es posible que el personal de mantenimiento sea propio de la empresa o sea subcontratado. En empresas muy grandes se suele recurrir a la contratación de empresas especializadas en mantenimiento para gestionar diferentes áreas de la planta.

Es por esto que existen empresas que se dedican exclusivamente a ofrecer servicios de mantenimiento adaptado a las necesidades de sus clientes, ya sea mantenimiento de planta, puentes grúa, puertas rápidas, electromecánico de máquinas, entre otros. En estos casos, la organización del mantenimiento se plantea como se muestra en la Figura 3.



Figura 3 Organigrama con mantenimiento subcontratado

El desempeño de las tareas de mantenimiento se analiza a través de diferentes indicadores. Los más comunes son Tiempo Medio de Reparación que hace referencia a la mantenibilidad, Tiempo Medio entre Averías que refleja la frecuencia de fallo, Disponibilidad y Porcentaje de Avería. Sin embargo su aplicación y uso se rige por las necesidades de cada empresa y los modelos de gestión aplicados.

Fundamentalmente, el mantenimiento es un servicio de ingeniería extremadamente variado, cuyo principal objetivo es satisfacer las necesidades de una planta industrial adaptándose a los modelos de gestión del cliente. Es por esto que, a pesar de tener una estructura básica, tanto las responsabilidades y los objetivos, como los indicadores de desempeño y las estructuras organizativas se reordenan y modifican en cada empresa.

2. INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA

Este trabajo de fin de grado se ha desarrollado en prácticas con la empresa Elecnor. Constituida a finales de la década de los 50 por un grupo de empresarios españoles, se centra inicialmente en el sector eléctrico. Líneas de distribución, subestaciones, alumbrado e instalaciones son sus principales áreas de trabajo.

Rápidamente, por las demandas del mercado amplía su campo de actuación al sector de las telecomunicaciones y comienza su expansión creando la primera filial en España enfocada a la ingeniería y aplicación de prefabricados. Adicionalmente, inicia la expansión en el exterior en Venezuela.

En la década de los setenta se definen cuatro puntos estratégicos de desarrollo: expansión geográfica, diversificación de clientes y actividades, captación de talento y mercado exterior. De esta manera, Elecnor ingresa en los mercados de generación convencional, hidroeléctrica y nuclear y continua su expansión con filiales en Brasil y Ecuador.

Durante los siguientes años, comienza la presencia internacional en el continente africano, con proyecto en Costa de Marfil, Senegal, Camerún y Burkina Faso. Asimismo, en España comienza la actividad en los sectores ferroviario y de gas y se crea la división de informática industrial especializada en sistemas de control.

En los años noventa, Elecnor ingresa en Portugal, Argentina, México, Uruguay y Chile. Al mismo tiempo, como parte de la estrategia de diversificación se crea una Dirección de Negocio enfocada en el sector del medio ambiente y se crea, además, una filial enfocada en la promoción e inversión en el mercado de la energía eólica.

El siglo XXI ha estado marcado por un fortalecimiento en el mercado de las compañías operadoras de servicios eléctricos, de gas y telecomunicaciones exhibiendo un claro liderazgo en el sector. Adicionalmente, en el sector ferroviario Elecnor es adjudicada con la electrificación del AVE Madrid-Barcelona. En el sector de energías renovables, Elecnor es uno de los grandes protagonistas de España al adquirir la sociedad Atersa e impulsar la actividad solar fotovoltaica.

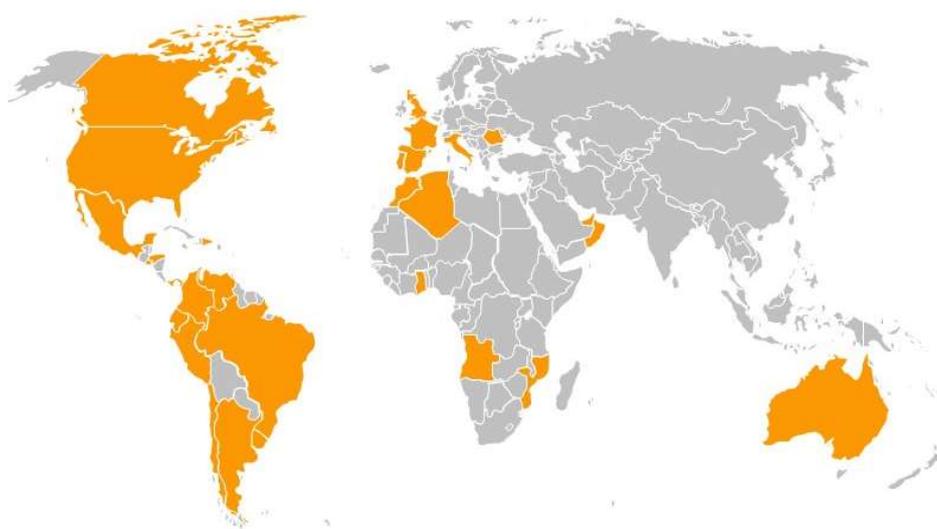


Figura 4 Presencia de Elecnor en el mundo

Recientemente, se ha afianzado el proceso de internacionalización al adquirir sociedades en Escocia, el Reino Unido y Francia. Al mismo tiempo que se consolida el liderazgo de Elecnor en obra civil, edificación e hidráulica al definir esta actividad como un área de negocio definida.

En la Figura 4 Presencia de Elecnor en el mundo se muestra un mapa con los países en los que Elecnor tiene presencia. Destaca Latinoamérica como una de las principales áreas de negocios, realizándose numerosos proyectos de distribución de energía y renovables. Actualmente, Elecnor es un grupo formado por casi 80 empresas en más de 50 países y cuenta con la experiencia de más de 15.000 profesionales.



Figura 5 Áreas de negocio de Elecnor

La Figura 5 muestra las principales áreas de negocio de Elecnor. Entre las mismas se puede observar el área de negocios enfocada en el mantenimiento integral que ofrece servicios de asistencia técnica, apoyo a la gestión, trabajos en tensión y mantenimiento de instalaciones y equipos a una cartera de clientes que incluye hospitales, parques empresariales, edificios para oficinas, centros comerciales, aeropuertos, ayuntamientos, centrales térmicas, centrales nucleares, parque solares, parques eólicos, fábricas y universidades.

Entre los diversos contratos de mantenimiento en Valencia, Elecnor es responsable del mantenimiento integral de una fábrica de tornillos de alta calidad para la automoción, donde se fabrican tornillos por medio de conformación en frío.

Proceso de fabricación de tornillos

El proceso de fabricación consiste en siete etapas: pretratamiento del alambre, conformación en frío, temple, fabricación de la rosca, revestimiento, controladores automáticos y embalaje, tal y como se muestra en la Figura 6.



Figura 6 Etapas de fabricación y maquinaria disponible en planta de Valencia

1. Pretratamiento

En esta fase la superficie del alambre se prepara para el proceso de conformación en frío posterior. Las bobinas de alambre pasan por diferentes etapas de tratamiento, entre ellas lavado, secado, decapado y fosfatado.

2. Conformación en frío

La conformación de los tornillos se realiza en prensas diseñadas específicamente para la fabricación de tornillos. Cada prensa tiene de 4 a 8 etapas de conformación en las cuales se corta el trozo de alambre, se conforma el cuerpo del tornillo, se crea la punta y se genera la rosca.

3. Tratamientos térmicos

Luego del proceso de conformación, los tornillos pasan por tratamientos térmicos de temple y revenido. En el primero se obtiene las características de dureza y resistencia requeridas por el uso que se le dará a cada tipo de tornillo. En el segundo se eliminan las tensiones internas y se reduce la fragilidad del tornillo.

Adicionalmente, algunos productos pasan por procesos de temple en atmósferas particulares, tales como la cementación o el temple neutro. Por un lado, en la cementación se controla una atmósfera rica en carbono para aumentar la resistencia de la zona más externa del tornillo sin modificar las propiedades del centro. Por otro, en el temple neutro se consigue resistencia homogénea en toda la sección transversal del tornillo.

4. Fabricación de la rosca

Para algunas aplicaciones, es necesario fabricar la rosca luego del tratamiento térmico. Para esto, se utiliza también el proceso de conformación en frío.

5. Revestimiento

El revestimiento protege al producto de la corrosión y adicionalmente se pueden conseguir valores determinados de fricción. En la fábrica de Valencia esta etapa del proceso se realiza en una empresa externa.

6. Control de calidad automático

Luego de terminado el producto, cada uno de los tornillos pasa por un proceso de control de calidad. En esta etapa se revisa la dureza del tornillo, continuidad de la rosca, paso de la rosca, medidas del tornillo y resistencia.

7. Embalaje

En esta etapa los tornillos se empaquetan y se reparten a su destino.

Prensas combinadas

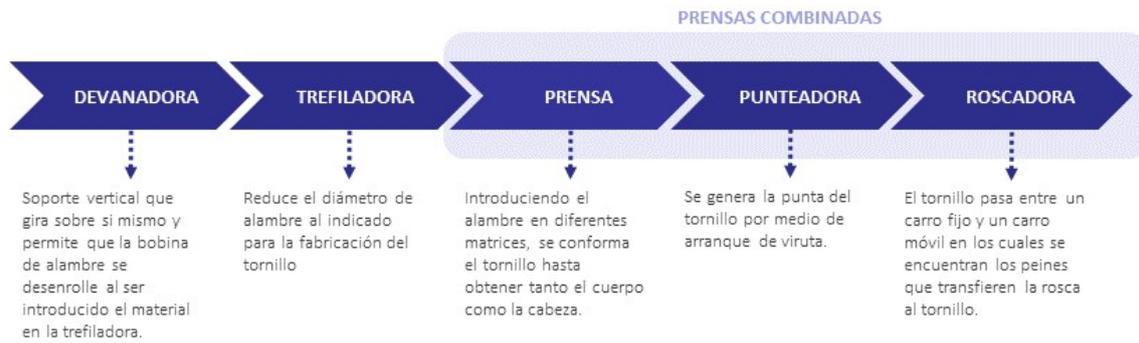


Figura 7 Máquinas presentes en la conformación del producto

Las máquinas involucradas en el proceso de fabricación de los tornillos son las prensas combinadas. Se denominan de esta manera porque en una misma bancada se incorpora la prensa donde se conforma el cuerpo del producto, la punteadora donde se mecaniza la punta del tornillo y la roscadora en la cual se estampa la rosca. Existe la posibilidad de separar estos procesos en tres máquinas independientes e inclusive combinar distintos fabricantes. Sin embargo, las prensas que se estudiarán incorporan todos los elementos en una sola máquina, tal y como se muestra en la Figura 7.

Adicionalmente, para permitir el acceso del material a la máquina se utiliza una devanadora y una trefiladora. La devanadora consiste en un apoyo que sostiene verticalmente la bobina de alambre mientras que esta se va desenrollando, mientras que la trefiladora disminuye el diámetro del material al adecuado para el tipo de tornillo a fabricar.

En rasgos generales, las prensas combinadas constan de los siguientes subconjuntos de mecanismos (como se muestran en Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11):

1. Enderezador

Es el punto de entrada del material a la prensa. El alambre pasa por un grupo de ruedas posicionadas en la bancada de modo tal que el material entre sin desviaciones a la siguiente etapa.

2. Ruedas de alimentación y embrague de material

Las ruedas de alimentación cumplen la función de sujetar y hacer avanzar el material. El mecanismo cuenta con un embrague de rodillos o carraca que permite el avance del alambre en una sola dirección, impidiendo rebotes o rechazo del material.



Figura 8 Vista del ingreso del material a la prensa

3. Tope de material

Para regular la longitud del trozo inicial con el que comenzará la fabricación del tornillo, las prensas constan con una pieza que funciona como tope de entrada de material. La posición se regula de modo tal que al cortar el alambre se consiga la longitud adecuada.

4. Sistema de corte

El corte del alambre se realiza por medio de una pieza que se desplaza verticalmente seccionando el material.

5. Sistema de transfer

Luego de seccionar el material, se debe hacer pasar el mismo por las diferentes matrices de conformado. Este desplazamiento se realiza por medio de un sistema de transfer. Este sistema consiste en un conjunto de dedos que sujetan todos los trozos presentes en cada estación y los desplazan a la siguiente.

6. Bloque de matrices

Este subconjunto consiste en un bloque fijo que contiene las matrices de cada etapa de conformado. En cada golpe del carro móvil, se genera una forma intermedia del tornillo que avanza a la siguiente estación al ser trasladado por el transfer.

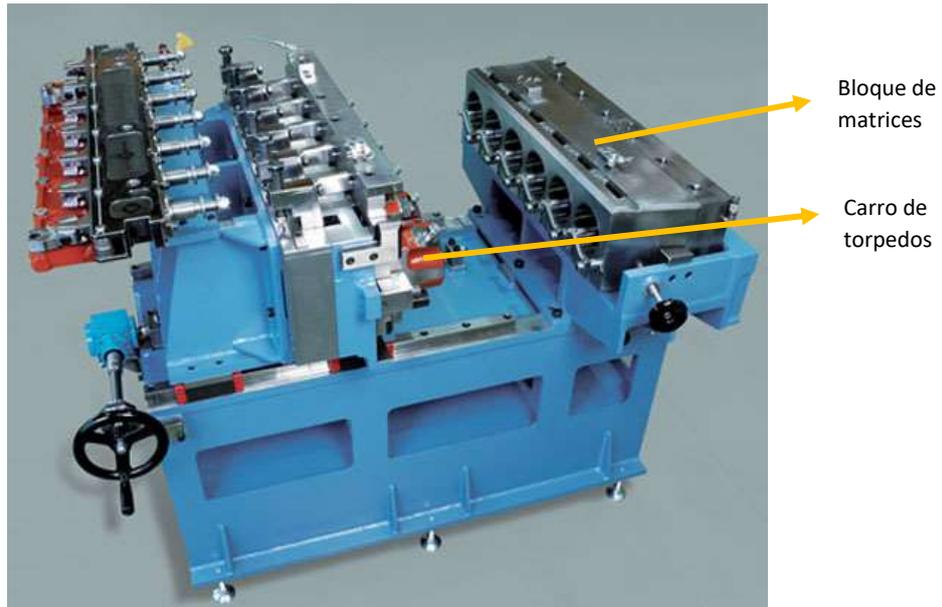


Figura 9 Vista lateral de una bancada genérica donde se observa el carro de torpedos y el bloque de matrices vacío

7. Carro de torpedos o carro móvil

Contiene los torpedos que empujan los tornillos dentro de las matrices para generar cada etapa de conformado. El movimiento del carro viene accionado por el cigüeñal de la máquina y una biela y determina lo que comúnmente se denomina "golpe de la prensa".

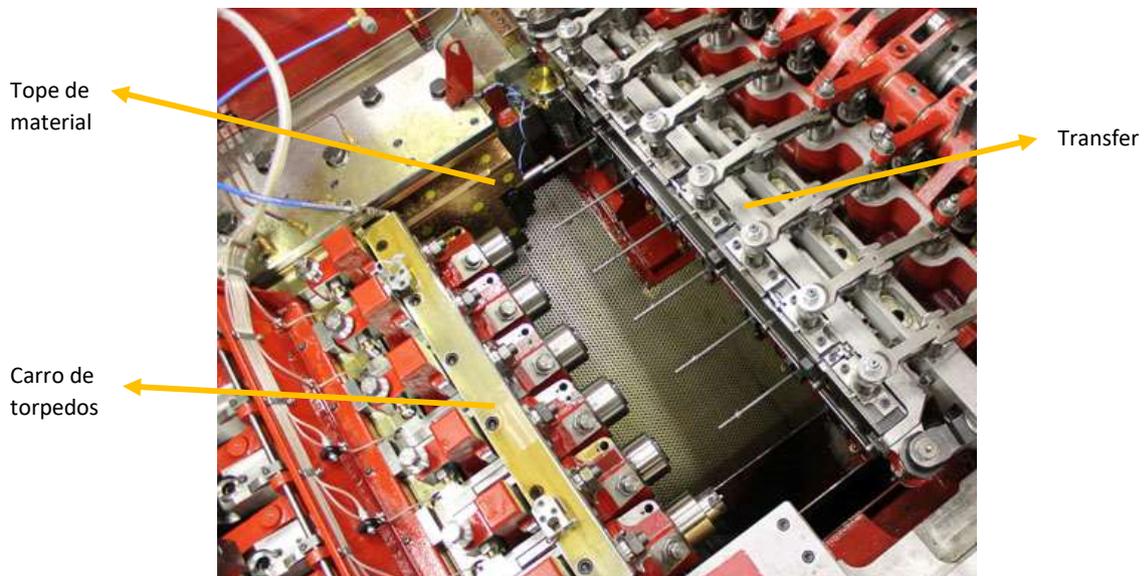


Figura 10 Vista superior del carro de torpedos, el transfer y el bloque de matrices (debajo del transfer)

8. Conjunto de martillos

Están ubicados detrás del bloque de matrices y su función es empujar hacia fuera los tornillos que luego de cada golpe quedan dentro de las matrices. De esta manera el transfer puede sujetarlos y desplazarlos a la siguiente estación.

9. Elevador de tornillos

Consiste en una canal con un sistema de palas que eleva individualmente los tornillos para hacerlos pasar por la punteadora.

10. Punteadora

Luego de conformado el cuerpo y la cabeza, los tornillos pasan por una punteadora que genera la punta por medio de arranque de viruta. Este mecanismo consiste en un eje con un cabezal con plaquitas de torneado que, al colocar el tornillo en posición, gira y genera la punta.

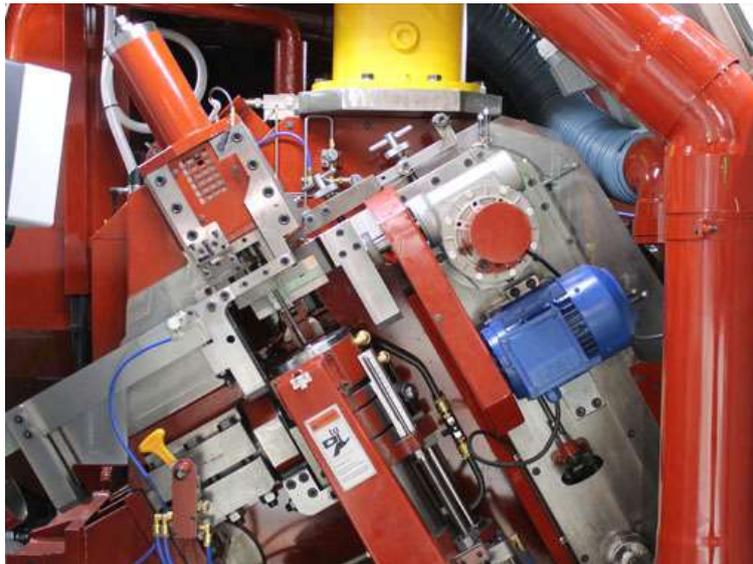


Figura 11 Vista frontal de la punteadora

11. Roscadora

La roscadora consiste en un bloque fijo y un bloque móvil que contienen las placas que conforman la rosca. Se hace pasar los tornillos a través de ambos bloques estampando la rosca en el tornillo.

Elecnor como parte del mantenimiento integral de la factoría

El servicio que ofrece Elecnor se centra en el mantenimiento mecánico y eléctrico de las máquinas que intervienen en el proceso de fabricación de los tornillos. De estas máquinas, las prensas simples y combinadas son las protagonistas y en las que se mide principalmente el desempeño para los estudios que se desarrollarán más adelante. En la factoría están presentes veinte prensas que se pueden clasificar por fabricante y serie de diseño. A pesar de que cuentan con los mismos subconjuntos de mecanismos, sufren variaciones de diseño que diferencia a las series entre sí (Figura 12).

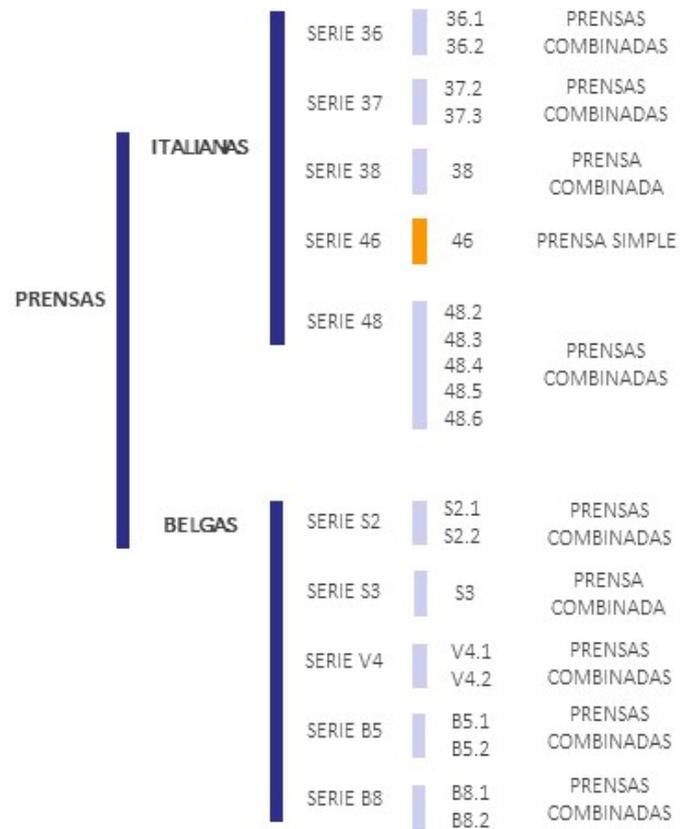


Figura 12 Prensas de la factoría por fabricante y serie de diseño

El desempeño de las prensas se evalúa mediante un sistema de gestión de producción que recibe datos del estado de producción de las máquinas, los analiza y genera reportes de acuerdo a las necesidades de la empresa.

El estado de las máquinas se clasifica en:

- Tiempo máquina en marcha
- Formación/reunión del operario
- Reparación eléctrica
- Mantenimiento autónomo por parte del operario
- Microparada
- Reparación por operador
- Reparación mecánica
- Suministro eléctrico
- Falta operario
- Suministro aire
- Calidad/Proveedor
- Tareas de calidad
- Cambio alambión
- Cambio de serie (elemento)
- Cambio de serie (ajustes)
- Cambio de serie (mismo plano)
- Parada

- Desconocido
- Esperar aprobación
- Esperar material
- Esperar al carretillero
- Esperar herramienta
- Cambio de herramienta

De estos estados se obtienen los indicadores que se utilizan para evaluar el desempeño de las máquinas desde el punto de vista de mantenimiento. El objetivo de Elecnor, como responsable del mantenimiento de las prensas, es alcanzar los objetivos de los indicadores que se explican a continuación:

- **% Avería:** cociente entre el tiempo en el que el equipo se encuentra en reparación y el tiempo que debería de haber estado en disposición de ser utilizado. De acuerdo a los criterios aplicados por el programa de gestión de producción de la fábrica, se considera el tiempo en reparación el correspondiente a los estados “Reparación mecánica” y “Reparación eléctrica” y se utiliza el estado “Tiempo de máquina en marcha” como aproximación al tiempo en disposición de ser utilizado.

Tiempo en reparación [min] = Reparación mecánica[min] + Reparación eléctrica[min]

$$Averia (\%) = \frac{Tiempo\ en\ reparación\ [min]}{Tiempo\ máquina\ en\ marcha\ [min]} * 100$$

Análogamente, se podría considerar la disponibilidad de la máquina desde el punto de vista de averías, como el tiempo en el que el equipo se encuentra en disposición de ser utilizado y el tiempo que debería de haber estado en disposición de ser utilizado. En caso de utilizar este indicador, siguiendo los parámetros del programa gestor de producción, quedaría de la siguiente manera:

$$Disponibilidad(\%) = \frac{Tiempo\ máquina\ en\ marcha\ [min] - Tiempo\ en\ reparación\ [min]}{Tiempo\ máquina\ en\ marcha\ [min]} * 100$$

- **MTTR** (tiempo medio de reparación): cociente entre el número de horas totales en un periodo entre el nº de averías. Se considera el nº de averías como la cantidad de veces que una máquina entra en estado “Reparación mecánica” o “Reparación eléctrica” luego de un estado previo diferente.

$$MTTR = \frac{Tiempo\ en\ reparación\ [min]}{n^{\circ}\ de\ averías}$$

- **MTBF** (tiempo medio entre averías): cociente entre el número de horas de la máquina no reparándose entre el nº de averías. Se considera el nº de averías como la cantidad

de veces que una máquina entra en estado “Reparación mecánica” o “Reparación eléctrica” luego de un estado previo diferente.

$$MTBF[h] = \frac{\textit{Tiempo de máquina en marcha}[h] - \textit{Tiempo en reparación}[h]}{n^{\circ} \textit{ de averías}}$$

3. SITUACIÓN ACTUAL

El estudio del estado de las prensas se puede llevar a cabo desde dos puntos de vista distintos pero que, a su vez, se complementan. El estudio cuantitativo estará basado en los indicadores de porcentaje de avería, tiempo medio entre fallos y tiempo medio de reparación. De estos datos se podrán extraer las máquinas con mayores índices de avería y mayor criticidad para la aplicación de las propuestas de mejora. Adicionalmente, al comparar estos datos con datos posteriores a la implantación de las propuestas, se podrá medir el desempeño del equipo de mantenimiento durante las intervenciones realizadas y la eficacia de las mismas.

A su vez, el estudio cualitativo se centra en el análisis de las condiciones de trabajo de las prensas. Dentro de estas condiciones de trabajo se contempla la organización y los tipos de mantenimiento aplicados, la disponibilidad de material y herramientas tanto físicas como documentales y los desperfectos arrastrados a lo largo del tiempo por las máquinas. Esta información resultará indispensable para estudiar la posible implantación de las propuestas de mejora, su viabilidad y posibilidad de éxito.

Estudio cuantitativo

Para el objetivo de este estudio, se utilizarán los datos obtenidos a través del previamente mencionado sistema de gestión de producción. Adicionalmente, el estudio se centrará en las prensas simples y combinadas presentes en la fábrica.

El año 2018 es el primer año del cual se tiene información completa del estado de las máquinas a través del sistema de gestión. Por lo tanto, se tomará como el punto de partida de los datos a analizar. Asimismo, se utilizarán los valores objetivos del año 2019 como criterio para realizar el análisis del estado de las prensas.

% Avería	MTBF (h)	MTTR (min)
< 3,5	>29	<56

Tabla 1 Objetivos indicadores Mantenimiento año 2019

En el Gráfico 1 se observa que únicamente tres prensas alcanzan el objetivo máximo de porcentaje de avería especificado por la empresa. Adicionalmente, por el alto resultado obtenido, resaltan las prensas

- 36.2
- 48.4
- 48.5
- V4.2
- S3
- B8.1

Es importante considerar que el año 2018 fue el primer año de Elecnor gestionando el mantenimiento mecánico y eléctrico de las prensas. Lo cual implica que los daños acumulados y posibles defectos durante reparaciones o remodelaciones mecánicas anteriores son descubiertos y asumidos durante el año 2018.

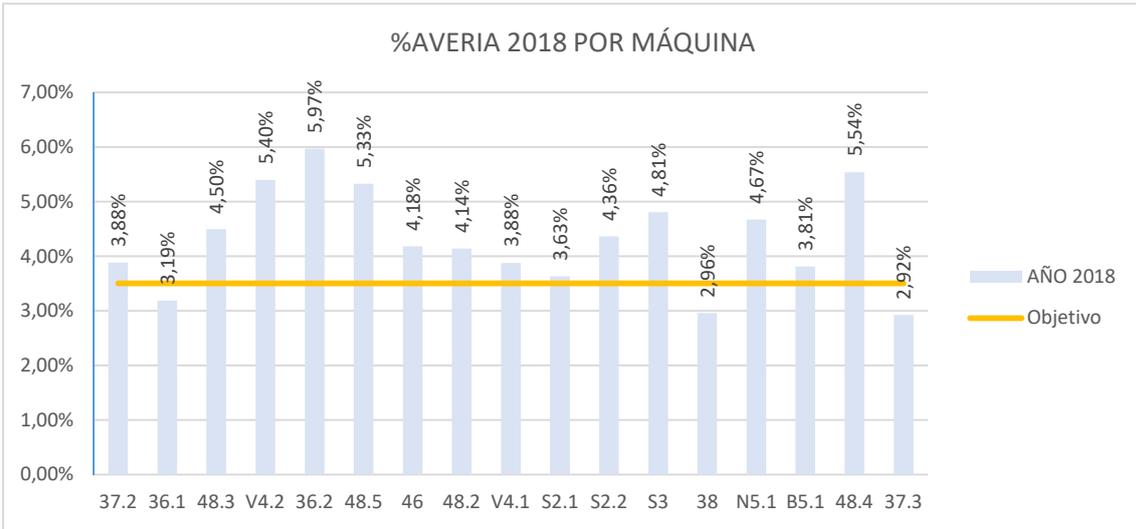


Gráfico 1 %Avería por máquina en el año 2018

Al estudiar el Gráfico 2, el Gráfico 3 y el Gráfico 4, se puede realizar un análisis mensual de los tres indicadores principales. Se observa un aumento de la criticidad de las averías durante los meses previos a verano y durante el verano; donde los tiempos de reparación y la frecuencia aumentan. Es importante tener en cuenta al realizar este estudio, que durante los meses de verano no todas las máquinas se encuentran disponibles para producción, por lo cual los índices obtenidos suelen ser más críticos.

Adicionalmente, resalta una disminución en los porcentajes de avería y de tiempo de reparación en los últimos meses del año, aunado a un aumento del tiempo entre fallos.

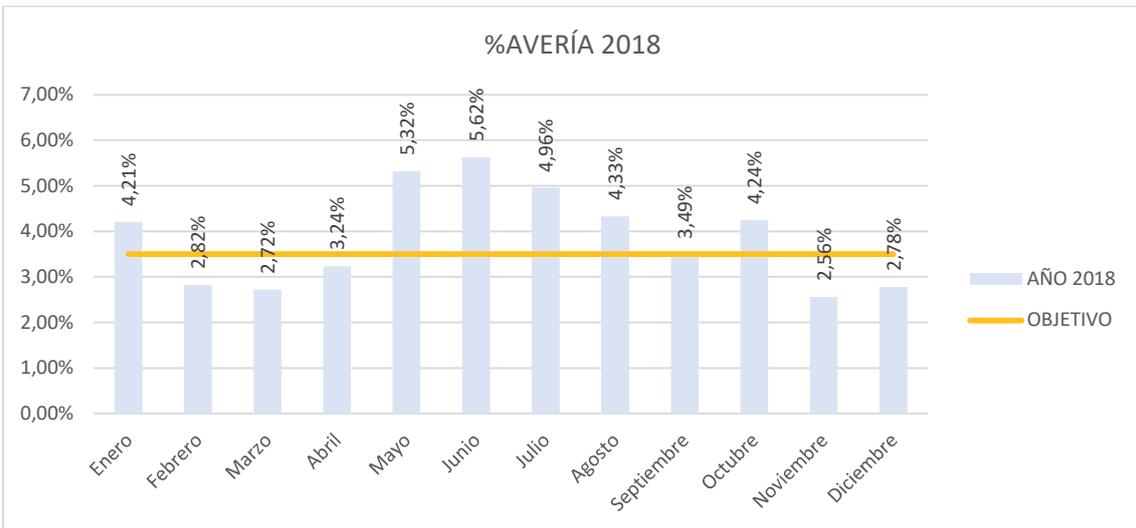


Gráfico 2 %Avería mensual durante el año 2018

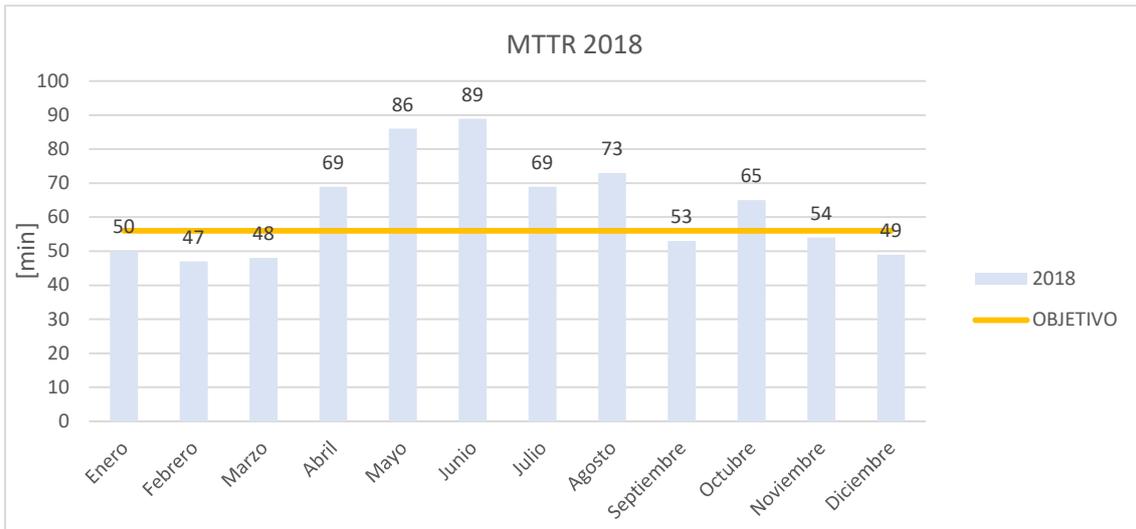


Gráfico 3 MTTR mensual durante el año 2018

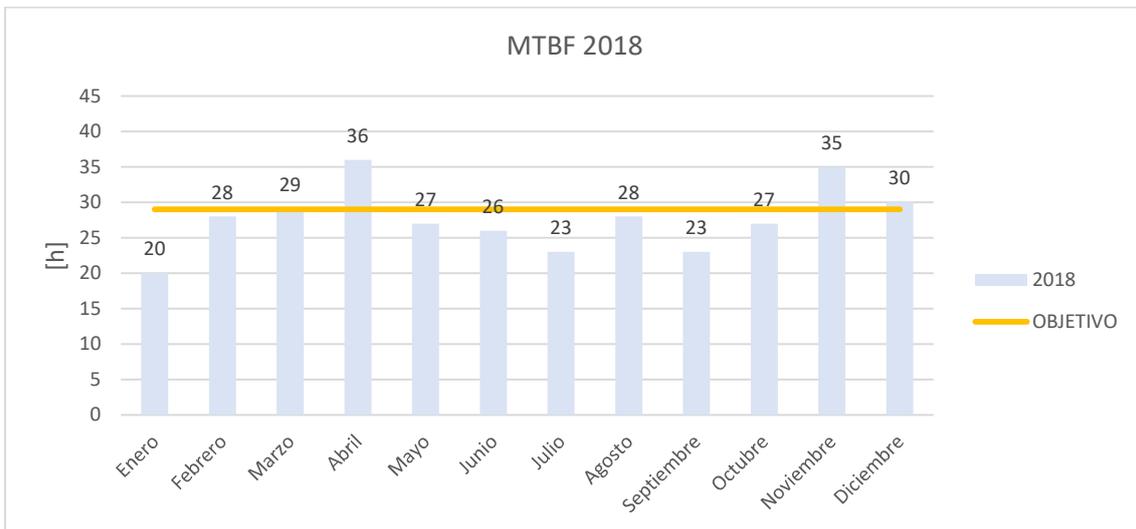


Gráfico 4 MTBF mensual durante el año 2018

Estudio cualitativo

El mantenimiento realizado a las prensas durante el año 2018 (Figura 13 Organización del mantenimiento en 2018) se puede clasificar en tres tipos: mantenimiento autónomo por parte del operario, KPM y mantenimiento correctivo. Por un lado, el mantenimiento autónomo se centra en la aplicación de grasa diaria o semanalmente en los puntos de engrase, limpieza superficial y algunas revisiones visuales del estado de la máquina. Por otro lado, las tareas relacionadas con los KPM consisten en la limpieza intensiva de las prensas. Una empresa externa es responsable de periódicamente vaciar los depósitos de aceite de cada prensa, limpiar los depósitos de suciedad o acumulación de ferricha y limpiar los filtros o, en caso de que sea necesario, sustituirlos por unos nuevos.

Finalmente, las tareas de mantenimiento correctivo se enfocan en la atención a las incidencias que surgen durante los tiempos de producción de las máquinas. Este proceso se organiza a través de un sistema de partes que al llegar a la zona de mantenimiento deben ser atendidos.



Figura 13 Organización del mantenimiento en 2018

Al asumir el mantenimiento de las prensas, se hacen evidentes ciertas condiciones en el estado de las máquinas que es importante analizar para este estudio. La documentación correspondiente a cada máquina no se encuentra completamente disponible y organizada para proceder correctamente con las intervenciones. Se entiende que varias de las prensas son muy antiguas y la documentación está en físico archivada en armarios. Adicionalmente, se detectan modificaciones mecánicas, hidráulicas, neumáticas y de sistemas de lubricación que no han sido incluidas en la documentación disponible.

Asimismo, al comenzar a realizar intervenciones correctivas, se detectan desgastes anormales que requieren de intervenciones extraordinarias que deben ser organizadas durante paradas planificadas de las máquinas. Este tipo de averías debían ser corregidas temporalmente en espera de intervenciones planificadas, lo cual suele derivar en repetición de la avería hasta que la misma pueda ser subsanada.

Por otro lado, los almacenes de repuestos se encuentran alejados de la zona de trabajo de mantenimiento y de la ubicación de las prensas. Adicionalmente, no hay un inventario actualizado de las piezas disponibles, su ubicación o referencia en la documentación de las máquinas.

Por último, la falta de planes de mantenimiento preventivo actúa como un factor de incremento de posibles averías. Desperfectos y desgastes normales en las prensas por su uso continuo se derivan en averías críticas que también pueden ocasionar mal funcionamiento en otros subconjuntos de las máquinas. Adicionalmente, realizar revisiones periódicas de mantenimiento preventivo contribuye a mejorar el conocimiento de las máquinas, su funcionamiento y modificaciones, lo cual es positivo y necesario para complementar el proceso de formación continua del equipo de mantenimiento.

Carencias detectadas

1. Documentación incompleta y no digitalizada

La información disponible de las prensas se debe organizar y, en el caso de las más antiguas, se debe digitalizar y archivar. Asimismo, se debe realizar un proceso de documentación de las modificaciones efectuadas a las máquinas.

2. Almacén no inventariado y alejado de la zona de trabajo

El almacén debe ubicarse en una zona cercana al taller de mantenimiento y de las prensas. Adicionalmente, los repuestos deben estar organizados por máquina a la cual corresponden y para ello se debe realizar un inventariado del almacén.

Esto último, debe ejecutarse basado en los esquemas de despiece de las máquinas utilizando como referencia de las piezas los códigos de identificación de las mismas y los subconjuntos a los cuales pertenecen.

3. Inexistencia de mantenimiento preventivo

Basado en los manuales de mantenimiento del fabricante, se deben crear los planes de mantenimiento preventivo mensual, trimestral y anual de cada máquina. Deben adecuarse a las características de cada máquina considerando: accesibilidad a los puntos de revisión, disponibilidad de las máquinas para las intervenciones, zonas críticas a revisar por alta incidencia de averías, disponibilidad de operarios y material.

4. Falta de intervenciones planificadas para mantenimiento extraordinario.

Durante las paradas planificadas de verano y diciembre se deben organizar intervenciones en las cuales se desmonten los principales subconjuntos de las máquinas y se revise el buen estado de cada uno de los elementos. La planificación debe tener en cuenta las zonas de alta incidencia de averías, personal adicional requerido, piezas de repuesto a utilizar, piezas a mecanizar en taller y tiempo requerido, documentación previa a las intervenciones y disponibilidad de parada de las máquinas.

4. PROPUESTAS DE MEJORA

Luego de realizar el estudio de la situación inicial del mantenimiento de las prensas, se identifican cuatro principales carencias: documentación incompleta y no organizada, almacén no inventariado y alejado de la zona de trabajo, inexistencia de mantenimiento preventivo y falta de intervenciones planificadas para mantenimiento extraordinario.

Las propuestas de mejora que se planteen para corregir estas carencias deben considerar no solo la información cuantitativa y cualitativa expuesta en el capítulo 3 sino también las prioridades del Departamento de Producción de la fábrica. Este departamento es el responsable de especificar qué máquinas pueden parar y cuánto tiempo pueden durar las paradas.

Considerando esto, se plantean tres diferentes propuestas de mejora que responden a las carencias anteriormente identificadas tal y como se muestra en la Figura 14:



Figura 14 Propuestas de mejora correspondientes a las carencias identificadas.

1. Organización e inventariado del almacén basado en documentación actualizada.

Para solucionar las dos primeras carencias identificadas, se plantea el traslado del almacén al taller de mantenimiento. En esta nueva ubicación no solo se podrán tener los repuestos más próximos a su lugar de uso, sino que también se podrá tener un control más preciso de lo que se utiliza con mayor frecuencia.

A partir del traslado del almacén, se plantea la realización del inventariado que, por su parte, es una labor compleja que para llevarse a cabo debe dividirse en etapas, como se muestra en la Figura 15. Se plantean las siguientes:

1. Elección de la información que se desea incluir en el inventario

Antes de comenzar a realizar la revisión del contenido del almacén, es necesario definir qué información es indispensable que aparezca en el inventario. Por un lado, es necesario poder identificar cada pieza según la documentación original del fabricante; por lo cual, se decide incluir código de pieza, número de pieza, figura del despiece y máquina a la cual pertenece. Adicionalmente, se debe poder identificar claramente la ubicación de cada repuesto; por lo cual se crea un sistema de ubicación de piezas basado en número de almacén, estantería, balda y gaveta en la cual se encuentra. Por último, se decide incluir el nombre de la pieza y el nombre del subconjunto de la máquina al cual pertenece.

De esta manera se garantiza que luego de terminar el inventariado del almacén, los repuestos disponibles podrán ser encontrados ingresando datos generales como nombre del repuesto y subconjunto de la máquina, así como datos específicos como código de pieza.

Para garantizar la precisión del inventario, se decide ingresar la cantidad disponible de cada repuesto cuando se implemente el registro de entrada y salida de material. Por el tiempo que tomarán los trabajos de inventariado, es posible que cuando se implante el control del material disponible parte de lo que había inicialmente, ya no esté disponible.

2. Revisión de la documentación disponible

Para poder identificar correctamente cada pieza, se debe tener disponible la documentación de la máquina a la cual pertenece. En los despieces de cada máquina se puede identificar el código de la pieza, el número de la pieza y la figura a la cual pertenece. Los despieces de las máquinas y los listados de piezas se organizan por figuras (o páginas) en las que se muestra el despiece de un mecanismo en particular. Luego, dentro de cada figura, se encuentra la numeración de las piezas que componen el mecanismo mostrado.

Como se ha mencionado anteriormente, no todas las máquinas cuentan con toda su documentación disponible y digitalizada. Es por ello que se debe definir cuáles son los documentos faltantes. Por la antigüedad de las máquinas, la mayoría de estos documentos se encuentran archivados en los Departamentos de Mantenimiento e Ingeniería de la fábrica, por lo cual luego de ubicarlos se deben digitalizar y guardar con la documentación previamente disponible.

Paralelamente a este proceso, es necesario registrar las modificaciones que se le han hecho a las máquinas. Con el pasar de los años, se han fabricado diferentes tipos de tornillos en las máquinas, lo que ha ocasionado que algunos de sus componentes se hayan modificado. Estas modificaciones sin embargo, no se han incluido dentro de la documentación de las máquinas. Para poder identificar cuáles son las modificaciones que se han realizado, se deben comparar los despieces originales con las máquinas presentes en fábrica y las piezas disponibles en el almacén. Esto se analizará en mayor detalle en las siguientes etapas.

3. Inventariado del almacén

Luego de haber organizado y completado la documentación de las máquinas, se debe proceder a la revisión del contenido del almacén. El proceso de identificación de las piezas se realizará utilizando las siguientes herramientas:

- Código de pieza marcado en la pieza: si las piezas son originales, el fabricante de las máquinas estampa el código de la pieza en uno de sus lados. Al ingresar este código en los listados del despiece de las máquinas se puede identificar a qué prensa pertenece, la figura y el número de pieza.
- Forma particular de la pieza: algunas de las piezas son fácilmente identificables por su forma y tamaño, por lo cual se puede buscar directamente en los despieces de las máquinas. Para definir a qué prensas pertenece, se debe ir prensa a prensa comprobando, cuando sea posible, la presencia de dicha pieza en la máquina.
- Información de inventario antiguo: se puede utilizar la información disponible en un antiguo inventario del almacén. En los casos donde no se tiene ninguna información de

la pieza, este inventario puede arrojar información tanto la máquina a la que pertenece un repuesto como el subconjunto y número de pieza. Es importante aclarar que, debido a los movimientos de material no registrados, la información extraída de este antiguo inventario debe comprobarse en la documentación y en las máquinas de ser posible.

- Entrevista al operario: en los casos en que una pieza esté ubicada en la estantería de repuestos de alguna de las máquinas, pero no se sepa a qué parte de la máquina corresponde, es útil conversar con el operario de dicha máquina. Posiblemente él sepa en qué parte de la máquina va ubicada y con esta información se podrá identificar en los despieces.

4. Desarrollo de buscador de repuestos

Durante la revisión del contenido del almacén, se irá registrando en una hoja de cálculo la información recopilada. El objetivo de esto es crear un buscador de piezas por medio de una macro. La macro a desarrollar será utilizada diariamente por el personal de mantenimiento de Elecnor, por ello debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Información requerida para búsqueda fácil de aportar por el usuario: la información que pide el buscador para ubicar una pieza de repuesto debe poder ser aportada por cualquier persona del equipo de mantenimiento. Es decir, debe ser información en el conocimiento del usuario como nombre de la máquina y subconjunto al cual pertenece la pieza.
- Documentación de referencia para búsquedas más específicas: en caso de que se necesite encontrar una pieza utilizando su código, se deberá proveer al usuario con los despieces de la máquina y el listado de códigos de piezas. De esta manera el usuario podrá ubicar la pieza en los despieces, extraer el código del listado e introducirlo en el buscador.
- Ubicación en almacén clara y precisa: la forma de definir la ubicación de una pieza en el almacén debe ser clara, de tal manera que al leer la ubicación quede completamente claro la ubicación física en el almacén.

5. Control de entrada y salida de material

Luego de finalizar el inventariado del almacén, se procederá a controlar los movimientos de material. El objetivo de esto no es únicamente conocer el contenido del almacén, sino también registrar qué repuestos se utilizan para cada intervención de mantenimiento. De esta manera se puede definir en un futuro los costes precisos de las intervenciones, la periodicidad de reposición de material y la criticidad de los repuestos.

Para ello se deben implementar diferentes procedimientos de trabajo:

- Creación del puesto de almacenero: un miembro del equipo de mantenimiento de Elecnor debe ser responsable del manejo de la información y el material disponible en el almacén. Será el encargado de ubicar nuevos repuestos, ingresarlos en el buscador, dar de baja aquellos con disponibilidad cero y registrar la periodicidad de uso de los mismos.
- Registro inicial de cantidades disponibles: luego de creado el buscador, se debe ingresar en él las cantidades disponibles de cada repuesto. El objetivo de este procedimiento no

es únicamente registrar el contenido inicial del almacén, sino también iniciar la familiarización del almacenero con los repuestos y el buscador.

- Hoja de registro de entrada y salida de material: los movimientos de material se apuntarán en un documento donde la persona que extraiga o ingrese material deberá indicar la información de identificación del repuesto y la fecha y la hora del movimiento. Posteriormente, la información de este documento se ingresará en el buscador y se actualizará el contenido disponible del almacén.
- Hoja de uso de repuestos por avería: a cada parte de avería se anexará una hoja indicando los repuestos utilizados. Lo cual permitirá hacer análisis sobre costes de intervención, periodicidad de uso y criticidad de repuestos.
- Análisis de periodicidad de reposición: utilizando la información de movimientos de repuestos de los procedimientos anteriores, se hará un análisis del uso de las piezas de recambio. El propósito de esto será definir con cuánto tiempo de antelación se deben pedir las piezas anticipando su uso y el tiempo de espera por envío del material.

CONSIDERANDO LAS CARENCIAS:

- Documentación incompleta y no digitalizada
- Almacén no inventariado y alejado de la zona de trabajo

QUE OCASIONAN:

- Retrasos en las intervenciones de mantenimiento correctivo.
- Ineficacia de las reparaciones
- Excesos de costes en compra o fabricación de recambios ya disponibles en el almacén.

SE PROPONE: ORGANIZACIÓN E INVENTARIADO DEL ALMACÉN BASADO EN DOCUMENTACIÓN ACTUALIZADA



PARA OBTENER: INVENTARIO DEL ALMACÉN

- Que genere una base de datos con:
 - Buscador de fácil uso, información de tipo de pieza precisa y cantidades disponibles actualizadas.
 - Registro de entrada y salida de material para análisis de costes por intervención y estudio de reposición de material.
- Que permita mejora en las intervenciones correctivas a través de:
 - Rapidez y precisión en búsqueda de repuestos en el almacén y por ende, disminución de los tiempos de intervención.
 - Reducción de costes en solicitud de repuestos innecesarios o incorrectos.

Figura 15 Resumen de la propuesta "Organización e inventariado del almacén basado en documentación actualizada"

2. Creación de planes de mantenimiento preventivo.

Para solventar la carencia de mantenimiento preventivo en el mantenimiento que se le realiza a las prensas de la fábrica, se deben planificar revisiones periódicas. Estas revisiones tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Recomendaciones del fabricante: los manuales de cada una de las prensas: incluyen recomendaciones sobre el mantenimiento a realizar. Estos documentos suelen aportar información sobre qué elementos requieren revisiones periódicas, en qué consisten estas revisiones y cuáles son los parámetros que indican si el estado de dicho elemento es el adecuado o no.
- Estado actual de la máquina: paralelamente a las recomendaciones aportadas por el fabricante, se deberá tomar en cuenta el estado actual de la máquina. Con el paso del tiempo, ciertos mecanismos de las prensas presentan desgastes y reincidencia de averías que deben ser controlados durante el mantenimiento preventivo.
- Disponibilidad para revisión: hay ciertas acciones de mantenimiento que deben ejecutarse con la máquina en marcha y otras que se deben llevar a cabo con la máquina detenida. Esta característica posiblemente intervenga en la definición de la periodicidad de las acciones de mantenimiento, ya que aquellas que requieran parada de la máquina se organizarán a intervalos mayores de tiempo y de acuerdo a las paradas planificadas por el Departamento de Producción de la Fábrica.
- Accesibilidad de los elementos: un factor importante a considerar durante la planificación del mantenimiento preventivo es la facilidad del acceso a los elementos a revisar. Es posible que algunos elementos requieran desmontaje de otras piezas y por ende mayor tiempo de revisión y solicitud de parada de máquina.

Adicionalmente, es interesante la posibilidad del uso de los resultados de estas revisiones para futuros análisis del funcionamiento de las máquinas. Algunos de los datos extraídos son aplicables para el estudio del estado de las máquinas a lo largo del tiempo o inclusive en la definición de paradas planificadas de mantenimiento extraordinario (a comentar más adelante).

Es por esto que la creación de los planes de mantenimiento preventivo se llevará a cabo de la siguiente manera (Figura 16):

1. Extracción de información de los manuales de las máquinas

El propósito de esta etapa es identificar las acciones de mantenimiento preventivo recomendadas por los fabricantes de cada máquina. Algunas de las recomendaciones del fabricante son acciones específicas de cambio de piezas o revisiones visuales de buen estado. Sin embargo, hay algunas que se basan en observar un parámetro (presión, por ejemplo) y evaluar si se encuentra dentro de un rango específico. Es importante tomar nota de estos rangos y a la vez entender su origen y posibles variaciones.

2. Descarte de tareas realizadas durante mantenimiento autónomo y KPM

Es posible que algunas de las acciones extraídas de los manuales ya se estén ejecutando durante el mantenimiento autónomo y el KPM. El mantenimiento preventivo a desarrollar no debe derivar en duplicidad de intervenciones, por lo cual no puede abarcar tareas ya realizadas durante los otros tipos de mantenimiento.

3. Elaboración de matrices globales de mantenimiento preventivo por grupos de máquinas

La creación de una matriz global de mantenimiento es fundamental para tener una visión general de todas las acciones de mantenimiento preventivo que requiere cada grupo de máquinas. El objetivo de esta matriz es abarcar en un solo documento toda la información posible del mantenimiento preventivo y, a partir de ella, extraer los planes de mantenimiento específicos de cada máquina.

4. Ajuste con el encargado del equipo de mantenimiento

Una vez creadas las matrices globales de mantenimiento, es necesario ajustar periodicidad de intervenciones, requerimientos específicos de las máquinas dadas sus condiciones actuales y descarte o inclusión de acciones de mantenimiento de acuerdo al juicio del equipo de mantenimiento. Adicionalmente, las recomendaciones de mantenimiento aportadas por el fabricante suelen ser más conservadoras y rigurosas del mantenimiento que realmente requieren las máquinas. Es por ello que es tan importante contrastar esta información con la experiencia del equipo de mantenimiento sobre las necesidades de las máquinas en funcionamiento. Asimismo, es probable que se deban considerar acciones adicionales luego de modificaciones realizadas a las máquinas que no han sido consideradas previamente.

5. Elaboración de planes de mantenimiento preventivo

Al tener finalizada la matriz de mantenimiento es posible extraer los planes de mantenimiento de cada máquina. El objetivo principal de esta etapa es crear guiones de revisiones que el operario pueda seguir de manera simple e intuitiva. Esto implica incluir imágenes, explicaciones detalladas, pasos previos o esquemas explicativos que faciliten la ejecución del mantenimiento preventivo.

Adicionalmente, es importante crear guiones que eviten revisiones erróneas o poco rigurosas. Es decir, en la medida de lo posible, las revisiones de los elementos deben estar enfocadas en la identificación de parámetros que posteriormente durante el análisis de resultados revelarán el estado de la máquina.

6. Pruebas y ajuste de los planes de mantenimiento preventivo.

Luego de haber creado los documentos específicos de cada máquina, es necesario probar la viabilidad de ejecución de los mismos. Es por ello que se deben de someter a una fase de pruebas y ajuste donde se detecten las modificaciones necesarias a realizar en cada guion.

7. Documento de análisis de resultados

El propósito de la realización del mantenimiento preventivo es disminuir la cantidad de averías y aumentar el tiempo de productividad de las prensas. Para ello, es necesario aprovechar en su totalidad la información recopilada durante estas revisiones. Por lo cual, resulta interesante la creación de una hoja de análisis de resultados donde se pueda observar si los parámetros revisados están dentro o fuera de los rangos aceptables o si el estado de algún elemento es favorable o desfavorable. Adicionalmente, la posibilidad de observar el progreso del estado de las máquinas con el paso de cada revisión llevaría a la posibilidad de predecir o al menos prever el fallo de algún elemento. Para ello, se considera la creación de una hoja de cálculo que tenga programado los valores aceptables para cada

rango y los estados adecuados de cada elemento y que, a partir de esta información, haga un análisis del estado y progreso de cada máquina.

De esta forma se obtienen planes de mantenimiento que por un lado, al estar basados en las recomendaciones del fabricante y considerar las necesidades detectadas durante el funcionamiento de la máquina logran maximizar el tiempo de vida de las piezas y elementos de las máquinas antes de su sustitución. Además, logran minimizar costes de mano de obra y material empleados durante las revisiones y responden a las modificaciones y particularidades de cada máquina.

Por otro lado, al considerar la capacidad del personal de mantenimiento y los tiempos disponibles para la ejecución de las revisiones se logran crear planes de mantenimiento intuitivos y accesibles para el equipo de mantenimiento de los cuales se podrán extraer datos reales y confiables para posteriores análisis. Adicionalmente, se podrá escoger una periodicidad que permita la realización de todas las revisiones periódicas a lo largo del año durante las paradas establecidas de producción de las máquinas.

CONSIDERANDO LAS CARENCIAS:

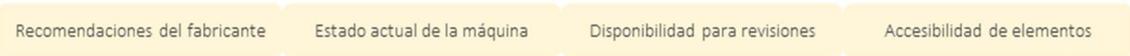
- Inexistencia de mantenimiento preventivo.

QUE OCASIONAN:

- Averías que podrían prevenirse.
- Desconocimiento y falta de seguimiento del estado de las máquinas.
- Disminución de la vida útil de las máquinas.

SE PROPONE: CREACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

TENIENDO EN CUENTA:



PARA OBTENER: PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Basados en las recomendaciones del fabricante y adaptados a las necesidades detectadas durante el funcionamiento de la máquina:
 - Maximizar tiempo de vida de las piezas y elementos de la máquina antes de su sustitución.
 - Minimizar costes de mano de obra y material durante revisiones de mantenimiento preventivo.
 - Responder a las modificaciones y particularidades de cada máquina.
- Basados en la capacidad del personal de mantenimiento y tiempo disponible para ejecución de las revisiones:
 - Crear planes de mantenimiento intuitivos y accesibles para el equipo de mantenimiento.
 - Escoger periodicidad que permita la revisión de todas las máquinas durante las paradas de producción en un año.
 - Evitar revisiones erróneas o poco rigurosas

Figura 16 Resumen de la propuesta "Creación de planes de mantenimiento preventivo"

3. Organización de intervenciones planificadas

Para solucionar averías graves, complejas y de difícil acceso que hayan sido pospuestas por falta de tiempo y recambios, se propone planificar intervenciones para mantenimiento extraordinario. Por su larga duración, estos trabajos deberán ser coordinados en conjunto con el Departamento de Producción de la fábrica de tornillos para determinar cuál es el momento ideal para las paradas y se pueda adaptar la producción de la planta a esta situación. Adicionalmente, se deberán prever los recursos, tanto humanos como materiales requeridos en estas intervenciones. Esto se debe a que algunos recambios pueden tardar meses en llegar y posiblemente se deba pedir apoyo de personal para poder seguir ofreciendo los servicios de mantenimiento correctivo y atención inmediata a averías al mismo tiempo que se realizan las paradas planificadas.

Se debe tener en cuenta que para planificar estos trabajos de manera exitosa y precisa se debe tener un seguimiento de cuáles han sido las averías más recurrentes en cada máquina, cuáles han sido las averías que no han podido ser completamente subsanadas y cuáles son las máquinas más importantes para el Departamento de Producción. El objetivo de organizar estas paradas por periodos tan prolongados de tiempo no es únicamente subsanar averías antiguas y malos funcionamientos previamente detectados, sino también garantizar el buen funcionamiento de las máquinas durante largos periodos de tiempo. De esta manera se amortiza, figurativa y literalmente, el tiempo de no producción de las máquinas intervenidas.

Es por esto, que la organización de intervenciones planificadas se propone de la siguiente manera (Figura 17):

1. Análisis de máquinas con mayor índice de averías y mayor reincidencia.

Para realizar este análisis, se debe hacer un estudio del estado de las máquinas, sus índices de averías y la reincidencia de subconjuntos en averías. La información inicial disponible, como se mencionó en el capítulo 3, se ha dividido en cualitativa y cuantitativa, por ello se propone realizar el análisis desde esos dos puntos de vista.

- El primero está basado en la información extraída del programa de gestión de producción de la empresa. A partir de esta información se podrá determinar cuáles son las máquinas con mayor índice de avería que, previo a la realización de las intervenciones planificadas, han mantenido un índice superior al objetivo.
- El segundo se centra en la experiencia del personal de mantenimiento y el comportamiento de las máquinas en el tiempo. De esta información, se podrá definir cuáles son las máquinas con subconjuntos que requieren revisión extensiva por recurrencia de averías y por imposibilidad de acceso durante tiempos de producción.

Del estudio anterior se obtiene una preselección de máquinas a intervenir. Posteriormente, se deberá seleccionar cuáles son los subconjuntos y elementos de estas máquinas donde se concentran las averías.

2. Comparación con prioridades del Departamento de Producción

Posterior a la definición de la preselección de máquinas y conjuntos a intervenir, es necesario comparar con el Departamento de Producción cuáles son las máquinas que pueden parar y por cuánto tiempo. Adicionalmente, es interesante tener en cuenta cuáles son las máquinas que, según el criterio de este departamento, deben estar en mejor estado para responder a las

demandas de producción previstas. Es este departamento el que, tomando en cuenta la preselección del equipo de mantenimiento, definirá qué máquinas se detendrán, en qué orden y por cuánto tiempo.

3. Planificación de tiempos y personal necesario

Luego de tener la selección final de máquinas, los subconjuntos y elementos a intervenir, se puede proceder a estudiar el tiempo que requerirá cada revisión y las reparaciones previstas a realizar. Se pueden establecer tres tipos de intervenciones:

- Reparaciones previstas: en esta categoría entran todas aquellas reparaciones que por falta de tiempo e imposibilidad de acceso no han podido ser subsanadas. En este tipo de reparaciones se puede prever de manera aproximada el material, la mano de obra y el tiempo de parada necesarios.
- Reparaciones preventivas: son aquellas reparaciones que se realizan de manera preventiva como la limpieza de elementos y verificación de circuitos de lubricación, hidráulico y neumático. En este tipo de intervenciones se puede planificar de manera más precisa el tiempo, personal y material que requerirá cada revisión.
- Reparaciones imprevistas: son aquellas que se detectan durante la intervención planificada y que, en la medida de lo posible, son corregidas durante la revisión. En este tipo de reparación no se pueden prever los recursos que serán necesarios.

A pesar de que hay tiempos de intervención que no se podrán identificar de manera exacta, en la medida de lo posible se intentará definir tiempos de intervención lo más ajustados posibles a la realidad. Para ello, se proponen los siguientes periodos:

- Tiempos de desmontaje de placas protectoras.
- Tiempos de desmontaje de subconjuntos.
- Tiempos de revisión, limpieza y sustitución de elementos.
- Tiempos de mecanizado de repuestos.
- Tiempos de montaje de elementos y subconjuntos en máquina.
- Tiempos de montaje de placas protectoras.
- Tiempo de puesta en marcha.

De manera simultánea, se debe definir cuantos trabajadores son necesarios para cada trabajo. Para esto, también se debe tener en cuenta que mientras que hay trabajadores realizando las intervenciones planificadas, otros están atendiendo incidencias en planta correspondientes al mantenimiento correctivo.

4. Documentación, estudio y pedido de material necesario

Habiendo definido máquinas, subconjuntos, elementos, tiempos y personal, la última etapa de planificación corresponde al estudio y solicitud de piezas de recambio y material para las intervenciones. Los fabricantes de las máquinas tienen sede fuera de España, por ello es tan importante pedir con antelación los recambios originales, ya que podrían tardarse semanas o meses en llegar.

Adicionalmente, la fabricación de piezas tanto en el taller de mantenimiento como en talleres externos debe planificarse para asegurar tanto disponibilidad de material como de personal para mecanizado.

Se deberán preparar carpetillas con la documentación de las máquinas donde se estudiarán los subconjuntos y elementos a intervenir. De esta manera, los despieces de las máquinas servirán de guía durante las intervenciones, especialmente durante las tareas de desmontaje y montaje de las máquinas. Además, durante la revisión de las máquinas se podrá anotar cuales son los elementos revisados o sustituidos para generar un seguimiento e informes posteriores sobre las intervenciones planificadas.

CONSIDERANDO LAS CARENCIAS:

- Falta de intervenciones planificadas.

QUE OCASIONAN:

- Reincidencia en averías.
- Desgastes excesivos y funcionamiento no óptimo.
- Propagación de averías en subconjuntos en espera de intervención.

SE PROPONE: ORGANIZACIÓN DE INTERVENCIONES PLANIFICADAS.



PARA OBTENER: INTERVENCIONES PLANIFICADAS

- Que corrijan desgastes y desperfectos generalizados en máquinas para:
 - Minimizar reincidencia en averías.
 - Maximizar tiempos disponibles de producción de las máquinas
- Que permitan prevenir:
 - Averías significativas que conlleven altos costes y tiempos de parada prolongados.
 - Fabricación de productos con desperfectos significando pérdidas para la fábrica y reclamaciones a mantenimiento.

Figura 17 Resumen de la propuesta "Organización de intervenciones planificadas"

5. IMPLANTACIÓN

Luego de planteadas las tres propuestas de mejora mencionadas en el capítulo anterior, se procede al análisis de su posible implantación. Se estudia la factibilidad de la implantación de cada una de las propuestas de acuerdo a tres criterios: tiempo para implantación, recursos necesarios y prioridad para el Departamento de Producción.

El proceso de implantación de cada una de las propuestas de mejora se va a dividir en tres fases: planificación, presentación al Departamento de Producción e implantación.

Organización e inventariado del almacén basado en información actualizada

Fase 1: planificación

La primera propuesta en ser analizada es la organización e inventariado del almacén basado en documentación actualizada. Para su planificación, se procede al estudio de los tiempos requeridos para su implementación considerando que un técnico trabajará de manera exclusiva a jornada completa en cada una de las tareas.

1. Trabajos Previos

Abarca la definición de los criterios bajo los cuales se realizará el inventariado del almacén, así como el estudio de la situación actual del mismo. De esta manera se pretende elaborar la plantilla de base de datos donde se registrará la información del inventario.

En esta etapa se consideran los siguientes tiempos:

- Revisión de disposición actual de piezas en almacén.
- Revisión de inventario antiguo.
- Definición de criterios (información a incluir en la base de datos).
- Definición de método de trabajo.
- Elaboración de plantilla de base de datos.

De esta manera se obtiene la estimación de la duración de la primera etapa de implantación que aparece en la Figura 18:

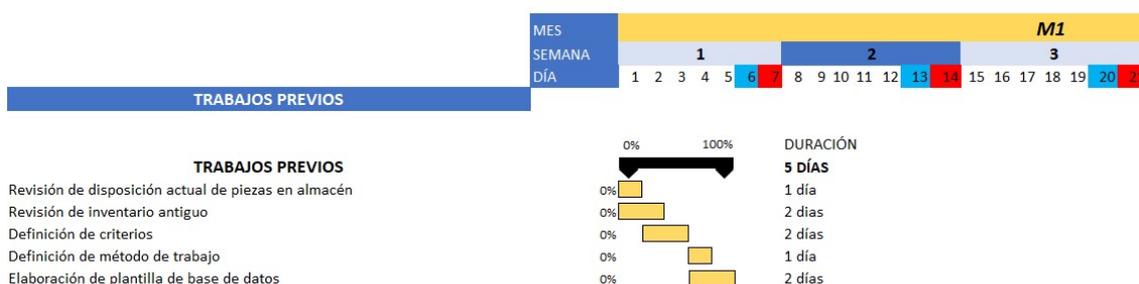


Figura 18 Estimación de tiempo requerido para la primera etapa

2. Máquinas Italianas

Las primeras máquinas cuyos repuestos se revisarán para el inventariado serán las máquinas italianas debido a la facilidad de uso de su documentación y el extensivo conocimiento del equipo de mantenimiento de estas máquinas.

Cada serie de este grupo de máquinas cuenta con estanterías específicas en el almacén, por lo cual se planifican los tiempos de ejecución en base a la cantidad de estanterías por máquina. Es importante considerar que las máquinas de una misma serie comparten similitudes en los repuestos, sin embargo no todas las piezas son iguales. Este tipo de detalles se tendrán en cuenta durante el registro de información en la base de datos haciendo referencia a los despieces disponibles en la documentación.

En el diagrama de Gantt Figura 19 Estimación de tiempo requerido para la segunda etapas se tienen en cuenta los siguientes tiempos para cada serie de máquinas:

- Revisión, digitalización y organización de documentación.
- Revisión, identificación y registro de piezas en base de datos: basado en los criterios y métodos de trabajo definidos en la etapa anterior.
- Identificación y registro asistido de piezas: apoyo de operarios, personal de mantenimiento, etc.
- Revisión y cierre de base de datos.

De estos tiempos se obtiene la siguiente planificación:

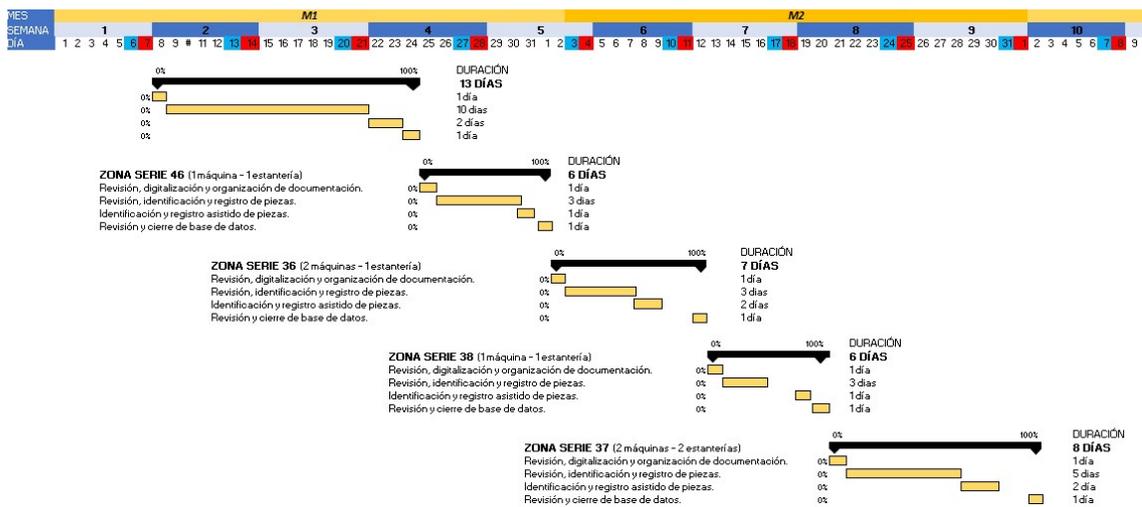


Figura 19 Estimación de tiempo requerido para la segunda etapa

3. Máquinas Belgas

La siguiente etapa corresponde al estudio de las máquinas belgas, las cuales presentan mayor complejidad tanto de funcionamiento como de identificación de piezas en documentación. Adicionalmente las series V4, S2 y S3 tienen documentación escasa y poco específica, por lo cual se prevé que el trabajo de identificación de piezas sea más arduo. Por otro lado, la cantidad de repuestos disponibles de este grupo de máquinas es menor.

Los tiempos planteados para esta etapa son los mismos que para la etapa anterior. De ello se obtiene la estimación que aparece en la Figura 20:

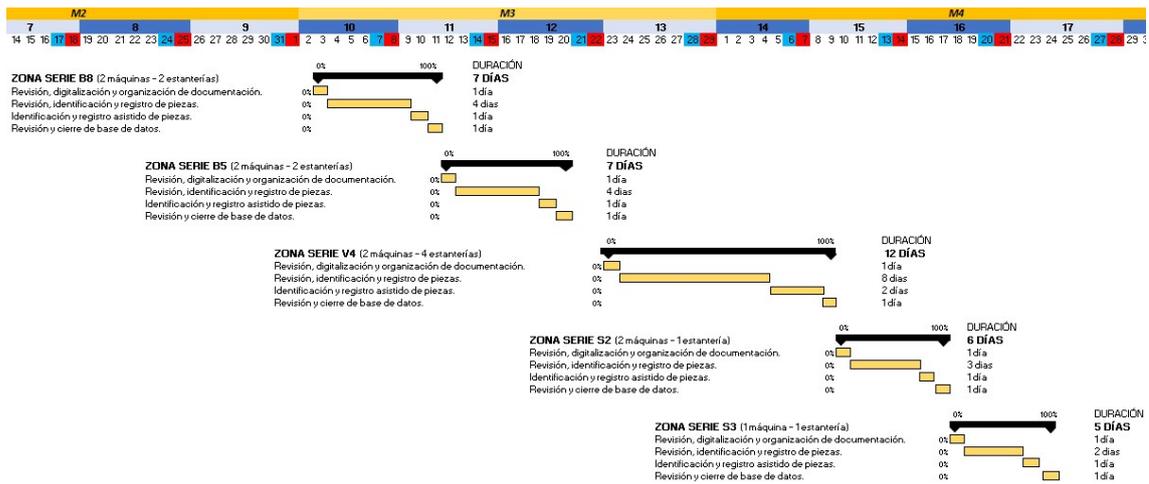


Figura 20 Estimación del tiempo requerido para la tercera etapa

4. Trabajos finales

La última etapa corresponde a la implantación de los sistemas que brindarán utilidad a la base de datos generada durante e inventariado. Como se ha mencionado en capítulos anteriores, el objetivo de realizar el inventario es poder identificar de manera simple y precisa la disponibilidad y ubicación de un repuesto. Adicionalmente, la información de entrada y salida de material del almacén se utilizará para llevar control del uso de repuestos y en cuáles averías se requieren.

En esta etapa es necesaria la subcontratación de los trabajos a una empresa consultora SAP. De esta manera la información de la base de datos se introduce en el programa para que se pueda realizar de manera óptima la gestión del material en el almacén. El tiempo de trabajo de la empresa externa se contabiliza en el Gantt de la de un color diferente al empleado para el trabajo desempeñado por el personal propio de Elecnor.

Los tiempos planteados en esta etapa son los siguientes (Figura 21):

- Implementación en SAP
- Desarrollo de registro de entrada y salida de material.
- Desarrollo de registro de uso de repuestos por avería.
- Revisión y correcciones.

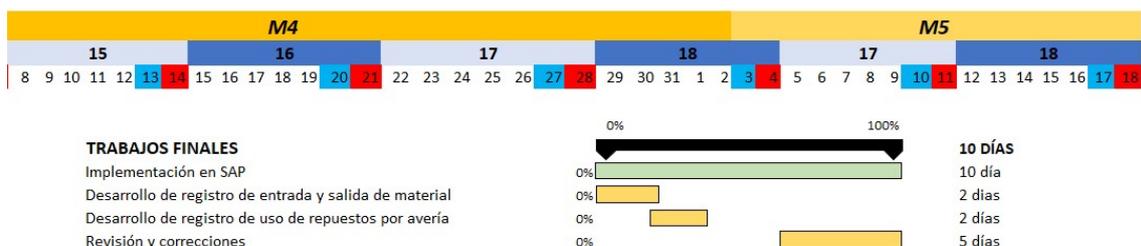


Figura 21 Estimación de tiempo requerido para la cuarta etapa

Como resultado se obtiene el diagrama de Gantt de la Figura 22 en que se abarcan todas las etapas de la propuesta “Inventariado del almacén basado en información actualizada” (ver Anexo I).

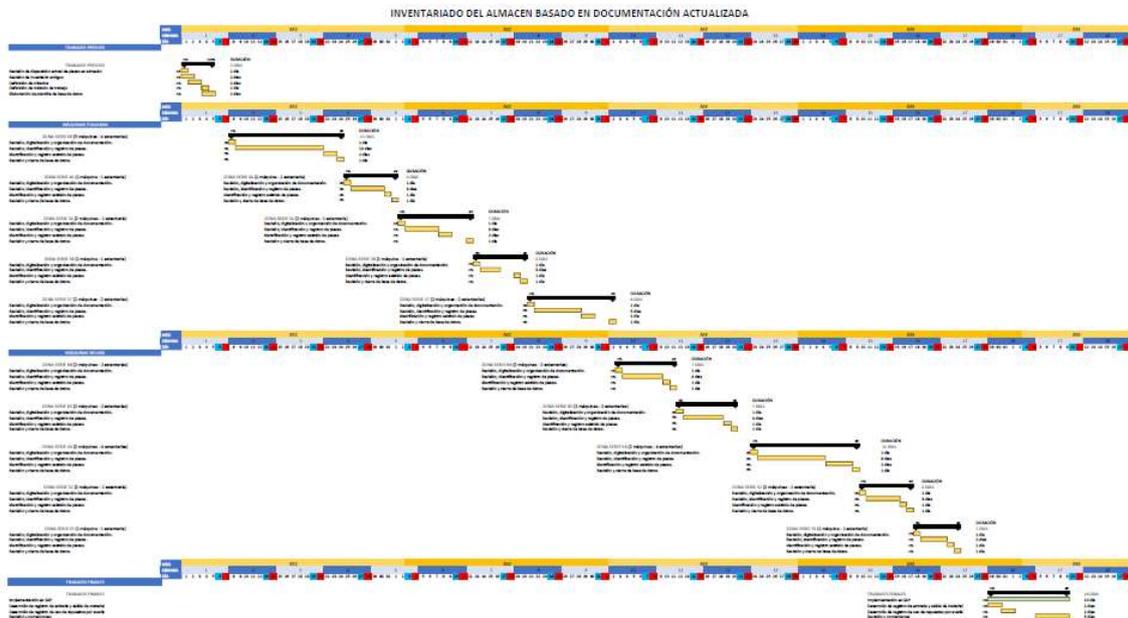


Figura 22 Estimación de tiempo requerido total para la propuesta “Inventariado del almacén basado en información actualizada”

Fase 2: presentación al Departamento de Producción

Posterior al estudio del tiempo y los recursos requeridos para esta propuesta, se procede a evaluar su implantación junto al Departamento de Producción de la empresa. Es este departamento el que tendrá la decisión final sobre la implantación de la propuesta, los recursos disponibles, los tiempos permitidos y el orden de la implantación.

Al presentar la propuesta, se considera el impacto que tendrá sobre el estado de las máquinas, la eficacia de las intervenciones y la capacidad de producción de la planta. Siendo conscientes de la criticidad del estado de algunas máquinas, se decide que la prioridad es encausar todos los esfuerzos y capacidad del equipo de mantenimiento en la reparación y recuperación del óptimo funcionamiento de las máquinas. Es por esto que se decide aplazar esta propuesta hasta después de alcanzar los indicadores objetivos de porcentaje de avería, MTBF y MTTR. Adicionalmente, se necesita iniciar el contacto con la empresa consultora SAP para consultar costes y tiempos de implantación de la etapa final.

Creación de planes de mantenimiento preventivo

Fase 1: planificación

La segunda propuesta en ser analizada responde a la necesidad de desarrollar planes de mantenimiento preventivo para las veinte prensas presentes en la planta. Para la planificación

de la implantación de esta propuesta se estudian los tiempos y recursos necesarios a través de un diagrama de Gantt considerando la dedicación exclusiva de un técnico a jornada completa. Sin embargo, se ha tomado en consideración que a pesar de que el técnico se encarga de desarrollar los trabajos de documentación, elaborar los planes de mantenimiento y organizar los trabajos, su ejecución depende de la disponibilidad de tiempo de los operarios del equipo de mantenimiento. Estos operarios serán quienes periódicamente realizarán las revisiones de mantenimiento preventivo, por lo cual es esencial que estén involucrados durante su desarrollo.

Para comenzar con el proceso de implantación, se decide aplicar los planes de mantenimiento a las series de máquinas de las cuales se cuenta con mayor documentación e información: series 48, 46, 36, 37, 38, B8 y B5. Adicionalmente, por similitud de funcionamiento se organizan en tres grupos: series 48 y 46, series 36, 37 y 38 y series B8 y B5.

1. Planes de mantenimiento preventivo T1

Esta primera etapa abarca la recopilación de las tareas de mantenimiento recomendadas por el fabricante. De los manuales de mantenimiento se extraen las acciones de mantenimiento sugeridas para los elementos de cada subconjunto que han sido considerados como críticos para el funcionamiento de las máquinas y su periodicidad. Adicionalmente se extraen los tipos de aceite de los sistemas de lubricación, refrigeración y neumáticos recomendados según viscosidad y comportamiento a diferentes temperaturas. Asimismo, se extraen los rangos de indicadores de presión, temperatura y torque de apriete recomendados.

Con esta información se procede a elaborar una matriz global de mantenimiento que abarca subconjuntos, elementos, acciones y criterios a tener en cuenta para el mantenimiento preventivo de las máquinas. Se desarrolla una matriz para cada uno de los tres grupos de máquinas mencionados anteriormente, dónde se indican los casos en los que hay diferentes criterios o revisiones para alguna de las máquinas en particular.

Posteriormente, se revisan las acciones de mantenimiento que ya son desarrolladas durante otros tipos de mantenimiento como el autónomo o el KPM. De esta manera se evita duplicidad de funciones o revisiones. Luego, se planifica la revisión de la periodicidad y el contenido de las acciones de mantenimiento preventivo. Esto se debe a que las recomendaciones del fabricante en cuanto a tiempo y puntos a revisar son excesivamente conservadoras, por lo cual se deben ajustar a la realidad del funcionamiento de las máquinas. Adicionalmente, debido a que varias de estas prensas han sufrido modificaciones a lo largo del tiempo, se deben incluir acciones de mantenimiento adicionales en los casos en los que se considere necesarios.

Esta primera etapa abarca también la elaboración de los planes de mantenimiento de periodicidad T1. Se ha elegido esta nomenclatura T1, T2 y T3 para hacer referencia a la periodicidad de las revisiones de mantenimiento que, si bien se considera se aplicarán los periodos mensual, trimestral y anual, se definirán durante la fase 3 de la implantación.

Los planes de mantenimiento se elaborarán extrayendo las acciones de la matriz global de mantenimiento, personalizando un plan para cada una de las máquinas para cada uno de los periodos T1, T2 y T3.



Figura 23 Proceso de elaboración de los planes de mantenimiento preventivo T1

Finalmente, los planes de mantenimiento preventivo T1 que se han creado (Figura 23) pasan por una etapa de pruebas y ajuste, donde se pide a los operarios que realicen las revisiones y se evalúa la simplicidad, precisión y viabilidad de las acciones contenidas en los planes. Por último se crea un calendario de las revisiones de modo tal que cada periodo T1 se puedan revisar las 15 prensas incluidas en el mantenimiento preventivo y se elaboran los documentos de seguimiento y análisis de resultados.

El documento de seguimiento de resultados que se plante elaborar consiste en una hoja de Excel donde se ingresen los resultados de las revisiones y, haciendo uso de la herramienta formato condicional, se colorea la celda verde, amarillo o rojo dependiendo si el valor o estado se encuentra dentro del rango óptimo, aceptable o crítico. De este modo con cada revisión se podrá observar de manera intuitiva el progreso o deterioro del estado de la máquina. Adicionalmente, en este seguimiento de resultados se generarán las acciones correctivas que en la siguiente revisión T1 debe comprobarse que se hayan realizado y su impacto en el progreso del estado de la máquina, tal y como se esquematiza en la Figura 24.



Figura 24 Análisis y seguimiento de resultados de los planes de mantenimiento T1

De esta manera se obtiene la primera parte de la planificación de esta propuesta (Figura 25).

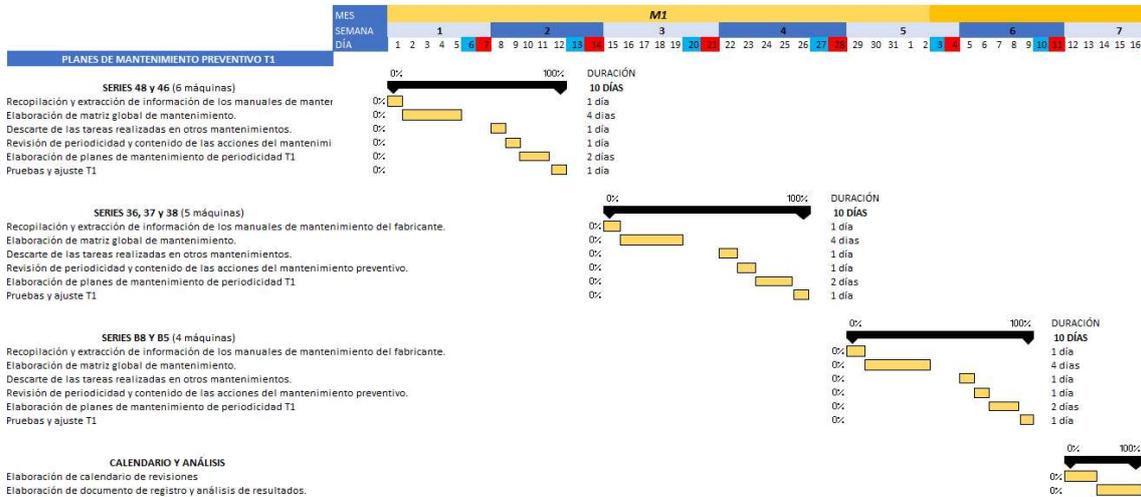


Figura 25 Estimación de tiempo requerido para la primera etapa

2. Planes de mantenimiento preventivo T2 y T3

Luego de la organización de la primera parte de esta propuesta, queda planificar los mantenimientos preventivos de periodicidad T2 y T3 (como se menciona anteriormente se prevé que T2 y T3 correspondan a trimestral y anual). La previsión de tiempos y trabajos es muy similar a la anterior incluyendo únicamente la elaboración de los planes de mantenimiento y las pruebas y ajustes. Esto se debe a que el trabajo previo de documentación y creación de las matrices globales de mantenimiento ya se ha realizado en la etapa anterior. De manera análoga a los planes de mantenimiento T1, luego de generar los planes de mantenimiento T2 y T3 se plantea la creación del calendario de revisiones (Figura 26 y Figura 27) y el documento de seguimiento y análisis de resultados.

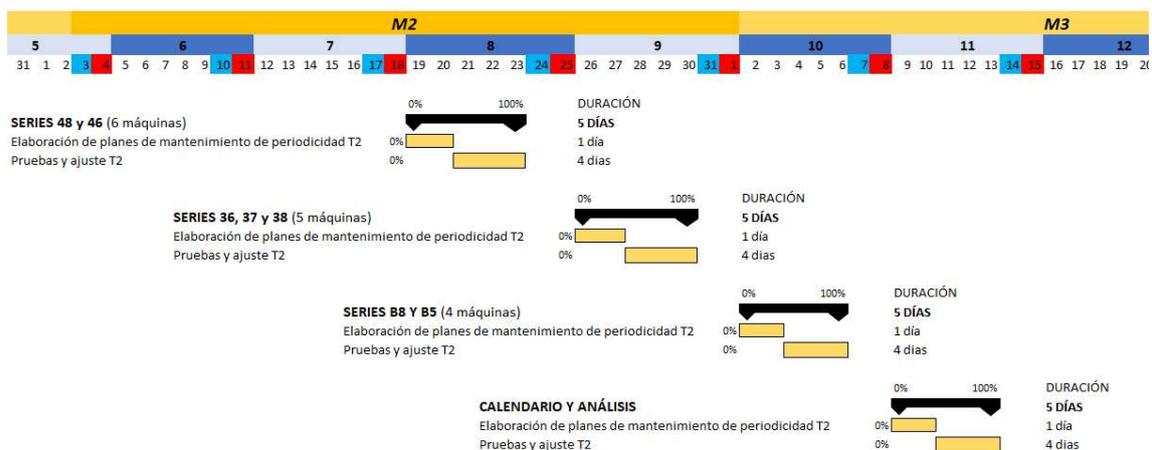


Figura 26 Estimación de tiempo requerido para la segunda etapa

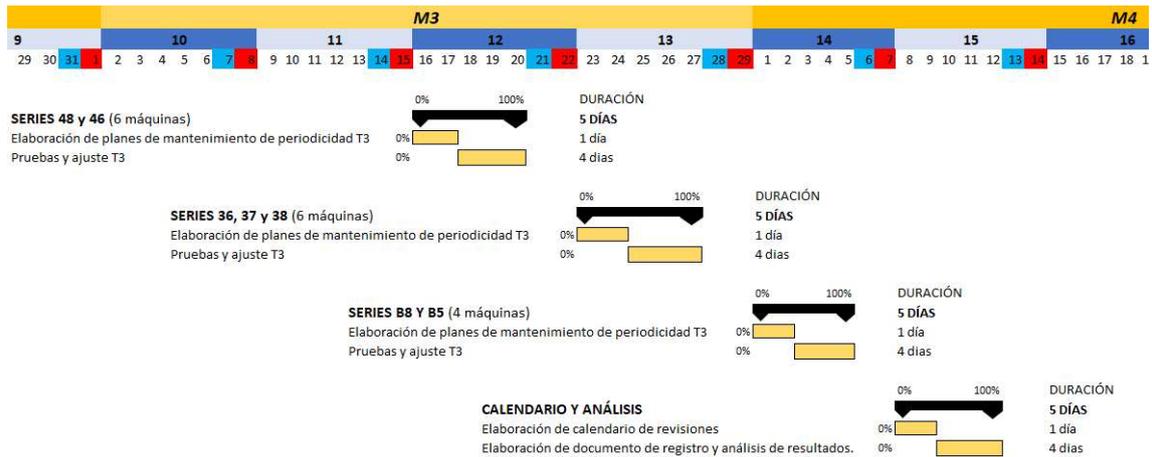


Figura 27 Estimación de tiempo requerido para la tercera etapa

Finalmente, se obtiene el diagrama de Gantt (Figura 28) abarcando todas las etapas de la propuesta “Inventariado del almacén basado en información actualizada” (ver Anexo II).

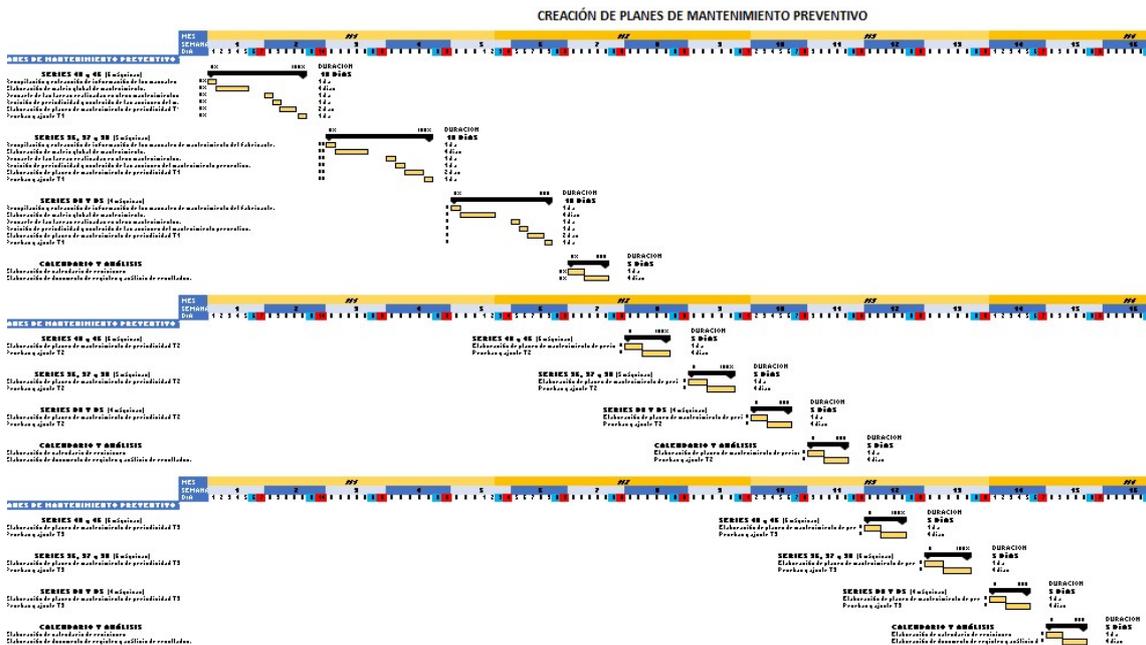


Figura 28 Estimación de tiempo requerido total para la propuesta “Creación de planes de mantenimiento preventivo”

Fase 2: presentación al Departamento de Producción

La segunda fase del proceso de implantación consiste en presentar la propuesta al Departamento de Producción de la fábrica de tornillos. El objetivo de esto definir tiempos de implantación, recursos y prioridad respecto a otras propuestas o trabajos planificados. Al presentar la propuesta, se evalúa el impacto que tendrá sobre la producción de la planta y si dicha repercusión ocurrirá a corto, medio o largo plazo.

Se llega a la decisión de que la implantación de los planes de mantenimiento es una prioridad para el Departamento de Producción por el efecto que se estima tendrá sobre la mejora del funcionamiento de las máquinas y la maximización de su tiempo de producción. Sin embargo, se valora que los resultados que se obtendrán de la implantación de este mantenimiento tendrán un impacto que no será inmediato, sino que requerirá de varias revisiones de periodicidad T1, T2 y T3 para observar los resultados deseados. Adicionalmente, la disminución de porcentaje de avería exigida por la empresa demanda revisiones más exhaustivas y que impliquen mayor impacto en menor tiempo.

De esta manera, se toma la decisión de postergar la implantación de esta propuesta hasta luego de realizadas intervenciones de mantenimiento en las máquinas.

Organización de intervenciones planificadas

Fase 1: planificación

La tercera y última propuesta es la correspondiente a la organización de intervenciones planificadas en las que se puedan subsanar las averías que, ya sea por falta de tiempo o complejidad, han sido postergadas y se puedan realizar revisiones intensivas de subconjuntos donde se ha detectado reincidencia de averías. Para comenzar con la planificación de la implantación de esta propuesta es necesario seleccionar cuáles son las prensas que deben ser intervenidas. En primer lugar, se realizará un análisis cuantitativo para el cual se utilizará la información de porcentaje de avería que se extrae del sistema de gestión de producción de la empresa. Los datos que se tendrán en cuenta son los correspondientes al año 2018 (ver *Gráfico 1 %Avería por máquina en el año 2018*) y al primer cuatrimestre del año 2019 (*Gráfico 5*).

Los primeros meses del 2019 se tienen en cuenta para tener una imagen lo más actualizada posible del estado de las máquinas. Adicionalmente, es interesante saber si las averías que ocasionaron los altos porcentajes de avería durante el año 2018 se han subsanado o si se mantienen en el 2019.

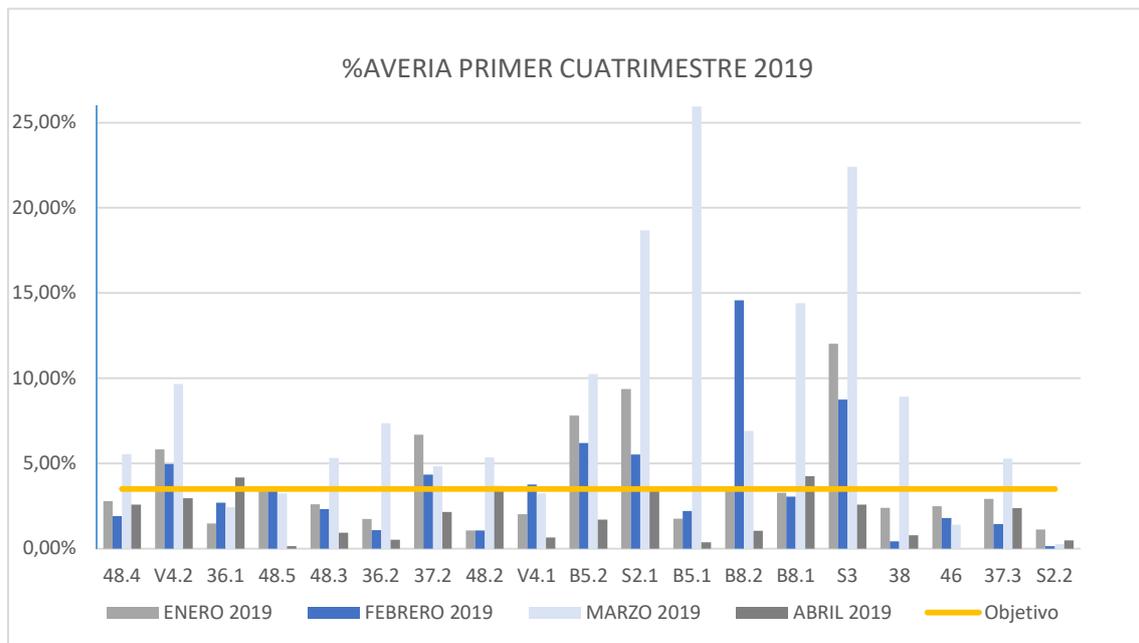


Gráfico 5 %Avería primer cuatrimestre 2019

	2018	01/19	02/19	03/19	04/19
48.4	6,84%	2,78%	1,91%	5,54%	2,58%
V4.2	4,74%	5,82%	4,96%	9,66%	2,96%
36.1	3,41%	1,48%	2,69%	2,43%	4,18%
48.5	6,15%	3,57%	3,57%	3,25%	0,15%
48.3	4,38%	2,60%	2,32%	5,31%	0,93%
36.2	6,67%	1,73%	1,09%	7,36%	0,53%
37.2	5,28%	6,69%	4,34%	4,83%	2,15%
48.2	3,14%	1,06%	1,06%	5,35%	3,67%
V4.1	4,09%	2,01%	3,76%	3,23%	0,65%
B5.2	-	7,81%	6,19%	10,25%	1,71%
S2.1	2,35%	9,36%	5,53%	18,68%	3,52%
B5.1	3,95%	1,76%	2,21%	25,95%	0,37%
B8.2	-	3,47%	14,57%	6,90%	1,05%
B8.1	3,49%	3,27%	3,06%	14,40%	4,25%
S3	4,29%	12,03%	8,74%	22,41%	2,58%
38	3,50%	2,39%	0,42%	8,91%	0,78%
46	6,96%	2,49%	1,79%	1,40%	-
37.3	3,55%	2,91%	1,45%	5,27%	2,38%
S2.2	3,24%	1,11%	0,15%	0,25%	0,48%

Tabla 2 %avería en el año 2018 y primer cuatrimestre 2019

De este análisis cuantitativo se concluye que las máquinas con mayor índice de avería a lo largo del tiempo hasta el momento del estudio son las prensas combinadas: V4.2, 48.5, 37.2, B5.2, S2.1, B8.2 y S3. El criterio utilizado para esta preselección ha sido alcanzar un porcentaje de avería superior al objetivo durante tres o más periodos. En la Tabla 2 %avería en el año 2018 y primer cuatrimestre 2019 se indica en rojo los porcentajes de avería mayores al objetivo.

Posteriormente, se realiza un análisis cualitativo, considerando la opinión y experiencia del equipo de mantenimiento sobre el estado de las máquinas. Durante este estudio se considera la inclusión de las siguientes prensas en la preselección:

- Prensa combinada 38: se incluye la máquina debido a su importancia en la producción de la planta, el desgaste diario al cual es sometida y su antigüedad. Se considera pertinente realizar una revisión extensiva de la roscadora, la punteadora y el transfer de la prensa debido a que son los subconjuntos más críticos de la máquina al sufrir el mayor desgaste y dónde se exige mejor calidad en el producto terminado. Adicionalmente, al momento del estudio se han detectado ruidos excesivos en la roscadora y problemas recurrentes en el ajuste del transfer. Del mismo modo, se tenía planeada una intervención para instalar un variador eléctrico en la máquina por lo cual se plantea unificar todas las intervenciones.
- Prensa combinada 36.1: se escoge la máquina debido a problemas recurrentes en la punteadora y la roscadora que, a pesar de que han podido ser subsanados a tiempo y contar con porcentaje de avería bajo, indican un mal funcionamiento general de los subconjuntos. Adicionalmente se observa un aumento de los porcentajes de avería durante los primeros meses del 2019, lo cual indica deterioro en la máquina.
- Prensa combinada 37.3: en el mes de marzo se detecta una avería grave en la transmisión de la roscadora. Luego de ser subsanada la avería, se recomendó realizar

una revisión exhaustiva del subconjunto en una intervención planificada posterior, por lo cual se propone su inclusión en esta planificación.

Fase 2: presentación al Departamento de Producción

Finalmente, han quedado preseleccionadas 10 prensas para su intervención en las paradas planificadas. Sin embargo, se estima que se tendrán disponibles solo tres meses para realizar estas intervenciones y durante este tiempo no se pueden intervenir todas las máquinas que se han preseleccionado. Es por ello que antes de hacer una planificación de los trabajos se hace una presentación previa al Departamento de Producción.

En esta presentación se decide priorizar las intervenciones de las prensas 36.1, 37.2, S2.1, S3, 38 y 37.3 (Figura 29 Proceso de selección de máquinas a intervenir) considerando de manera aproximada que se intervendrán dos prensas por mes. Los tiempos específicos de parada aprobados para cada prensa son los siguientes (considerando semanas de 7 días):

- 38 → 3 semanas → semanas 29, 30 y 31
- 37.2 → 2 semanas → semanas 30 y 31
- S2.1 → 1 semana → semana 31
- S3 → 3 semanas → semanas 32, 33 y 34
- 36.1 → 3 semanas → semanas 33, 34 y 35
- 37.3 → 3 semanas → semanas 36, 37 y 38

	CUANTITATIVO	CUALITATIVO	DEFINITIVO
48.4			
V4.2			
36.1			
48.5			
48.3			
36.2			
37.2			
48.2			
V4.1			
B5.2			
S2.1			
B5.1			
B8.2			
B8.1			
S3			
38			
46			
37.3			
S2.2			

	CUANTITATIVO	CUALITATIVO	DEFINITIVO
48.4			
V4.2			
36.1			
48.5			
48.3			
36.2			
37.2			
48.2			
V4.1			
B5.2			
S2.1			
B5.1			
B8.2			
B8.1			
S3			
38			
46			
37.3			
S2.2			

	CUANTITATIVO	CUALITATIVO	DEFINITIVO
48.4			
V4.2			
36.1			
48.5			
48.3			
36.2			
37.2			
48.2			
V4.1			
B5.2			
S2.1			
B5.1			
B8.2			
B8.1			
S3			
38			
46			
37.3			
S2.2			

Figura 29 Proceso de selección de máquinas a intervenir

De esta manera se puede realizar la planificación de los trabajos de acuerdo a los criterios establecidos por el Departamento de Producción.

1. Prensa combinada 38

Se propone intervenir los subconjuntos transfer, punteadora y roscadora. Estos subconjuntos son los más críticos para el funcionamiento de la máquina ya que es donde se conforma el tornillo, se mecaniza la punta y se crea la rosca. Debido a esto, es donde suele haber mayor acumulación y recurrencia de averías ya que es donde se somete a la máquina a mayor esfuerzo y se exige mejor calidad del producto.

Para acceder a estos subconjuntos primero se debe desmontar las puertas y placas protectoras de la máquina. De manera simultánea se realiza la desconexión eléctrica de la máquina y el cuadro eléctrico. Para desmontar la roscadora, primero se debe extraer la punteadora, ya que esta se apoya sobre la roscadora. Durante la revisión de la roscadora se revisan los elementos que se someten a mayores desgastes, como las placas de bronce y acero en las que desliza el carro de la roscadora, engranajes y rodamientos. Se envía a talleres externos las piezas que requieran mecanizados o rectificados. Finalmente, la roscadora se vuelve a montar, se alinea y se verifica geoméricamente.

Posteriormente, se procede a desmontar la punteadora, que previamente se había extraído de la máquina. De la punteadora, se revisan rodamientos, muelles, pernos, espárragos y pequeñas piezas que son accesibles únicamente al desmontar por completo el subconjunto. Se envía a talleres externos las piezas que requieran mecanizados o rectificados. Finalmente, la punteadora se vuelve a montar, se alinea y se verifica geoméricamente.

Por último, se procede al desmontaje y revisión del transfer. De manera similar a los subconjuntos anteriores, se limpian las piezas y se verifican rodamientos, muelles, rótulas, pernos, espárragos y piñones. Se envía a talleres externos las piezas que requieran mecanizados o rectificados. Finalmente, la roscadora se vuelve a montar, se alinea y se verifica geoméricamente. De manera simultánea a la verificación del transfer, se realiza el conexionado eléctrico de la máquina y se instala el variador.

La etapa final de la intervención consiste en integrar todos los subconjuntos a la máquina y revisar su funcionamiento en general. De esta manera se obtiene la planificación que se muestra en la Figura 30.

En amarillo se indican los trabajos mecánicos, en azul los eléctricos y en verde los trabajos externalizados. Al lado de cada tarea se señala el personal requerido que, además del personal mecánico y eléctrico de elecnor (m/elec o e/elec), se contempla con apoyo auxiliar (m1aux).

Adicionalmente, se contempla que el cliente ha planificado el desplazamiento de la máquina, lo cual se considera en los días resaltados en amarillo con la indicación “MOV. MÁQUINA”.

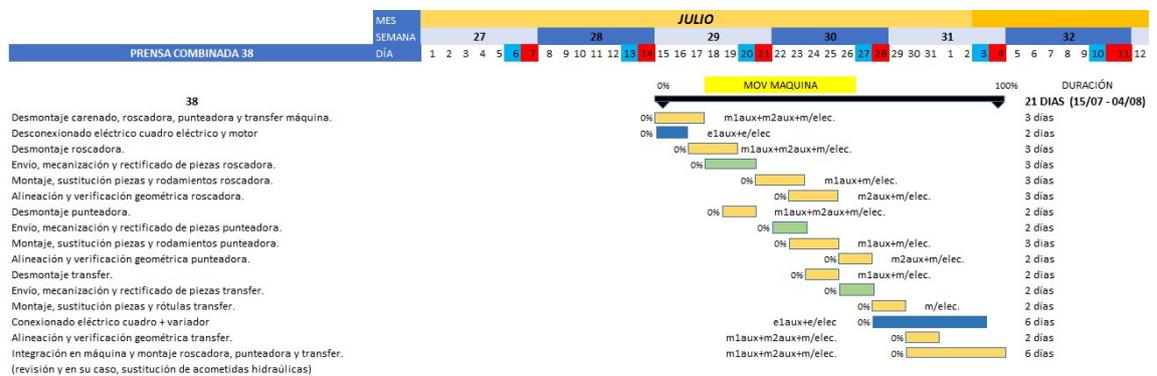


Figura 30 Estimación de tiempo requerido para la intervención en prensa combinada 38

2. Prensas combinadas 37.2 y S2.1

La planificación de la intervención en las prensas 37.2 y S2.1 (Figura 31) se organiza de manera análoga o a la 38. Sin embargo, estas intervenciones están orientadas a revisiones de problemas específicos de las máquinas. Por un lado, en la prensa 37.2 se detectaron problemas en el funcionamiento del canal de elevación por lo cual se piden con tiempo las guías del canal para su sustitución durante la intervención. Adicionalmente, se realiza una revisión de la punteadora y se sustituyen rodamientos, muelles y piezas desgastadas. Por otro lado, en la prensa combinada S2.1 se detectó un problema en el funcionamiento del sistema de tope de material. Por lo cual, se procede a diseñar y mecanizar un nuevo sistema de tope de material para ser instalado durante la intervención planificada de la máquina.

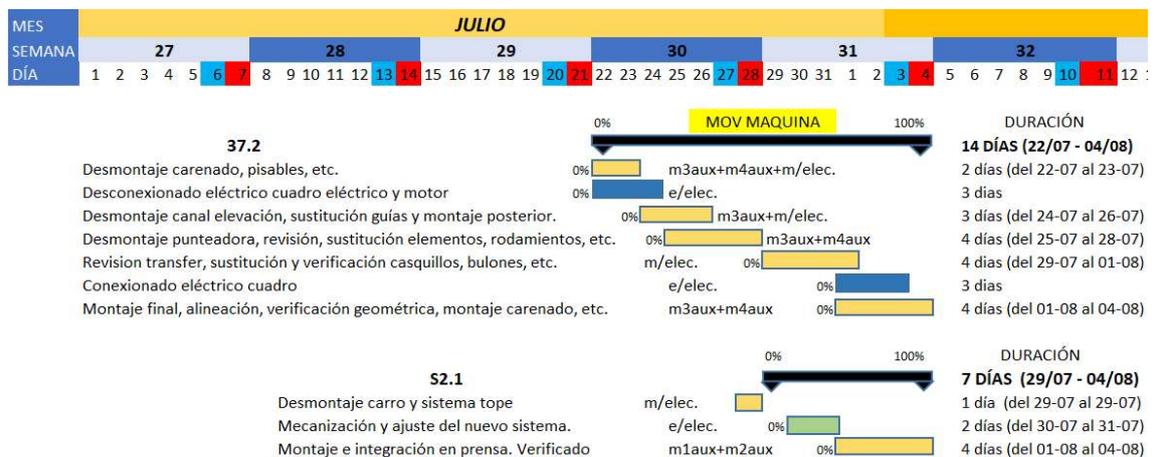


Figura 31 Estimación de tiempo requerido para la intervención en prensa combinada 37.2 y S2.1

3. Prensas combinadas S3 y 36.1

La intervención sobre la prensa combinada S3 está orientada a la integración de los cuadros eléctricos de los diferentes elementos que la componen. Esta prensa ha sufrido numerosas modificaciones a lo largo del tiempo y se le han añadido componentes nuevos cuyos cuadros eléctricos han quedado individualizados y no se han integrado en un cuadro general de la prensa. Es por esto que muchas de las averías graves de la máquina han sido de tipo eléctrico que se tiene como objetivo subsanar durante esta integración. Adicionalmente, se plantea modificar el sistema de tope de material de la máquina para incluir un mecanismo similar al diseñado para a S2.1.

A su vez, en la prensa combinada 36.1 se planifica una revisión extensiva de la punteadora, el transfer y la roscadora. Para ello se procede de manera análoga a lo explicado para la prensa 38. Finalmente, se obtiene la planificación de la Figura 32:

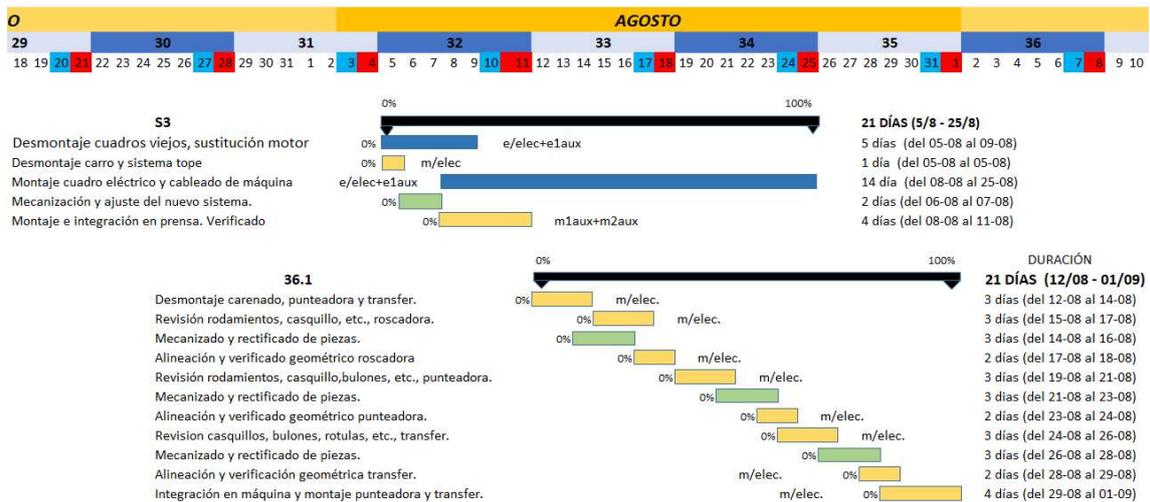


Figura 32 Estimación de tiempo requerido para la intervención en prensa combinada S3 y 36.1

4. Prensa combinada 37.3

La última máquina en intervenir es la 37.3 (Figura 33) y se procederá de manera similar a lo planificado para la 38. Sin embargo, se intervendrán únicamente la punteadora y la roscadora, haciendo énfasis en este último subconjunto. Durante los primeros meses del 2019 se detectó deterioro significativo del estado de la roscadora y su transmisión. A pesar de que se realizó una intervención para subsanar lo mejor posible las averías, se aconsejó hacer una revisión exhaustiva de todo el subconjunto en una intervención planificada.

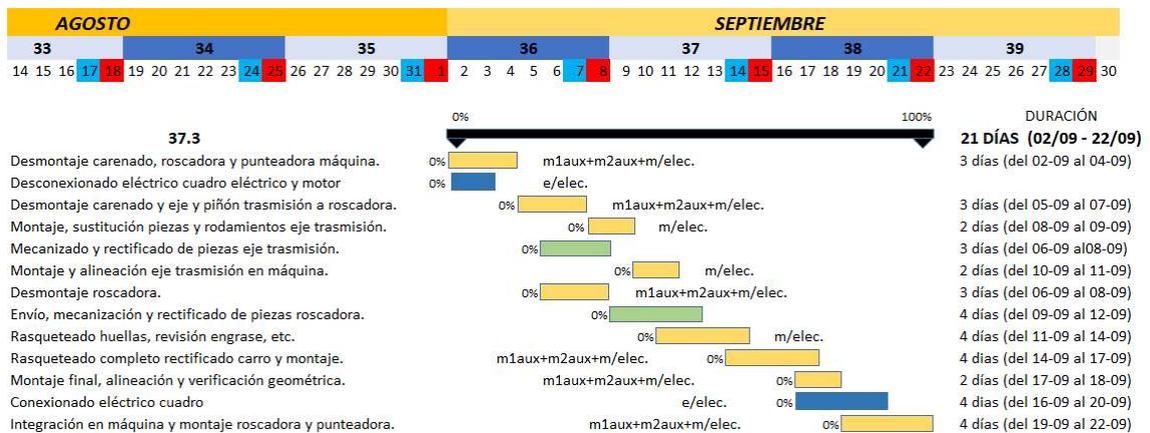


Figura 33 Estimación de tiempo requerido para la intervención en prensa combinada 37.3

Finalmente, se obtiene la siguiente planificación abarcando todas las etapas de la propuesta “Organización de intervenciones planificadas” (ver Anexo III).

Fase 3: implantación

Luego de aprobada la planificación por el departamento de producción se realiza la implantación de la propuesta. Antes de comenzar con las intervenciones se revisa la documentación de las máquinas y se extraen los despieces y listados de repuestos correspondientes a los subconjuntos a intervenir. De esta manera se tienen guías de desmontaje y montaje de las máquinas y se piden los recambios que previsiblemente harán falta, como por ejemplo los rodamientos, correas y

cadena. En aquellos casos donde se tenga planificado una intervención particular se piden las piezas específicas.

Máquina 38 (3 semanas + 1 semana ampliación)

De acuerdo a lo planificado en la intervención, se realiza la revisión de la roscadora. Para ello se realiza la desconexión eléctrica de la máquina, se desmontan las placas y protecciones y se extrae la punteadora para posteriormente retirar la roscadora. Luego de extraída la roscadora se desmontan sus elementos y se revisa su estado uno a uno. Durante esta revisión se detecta que el eje vertical de la roscadora en la zona del buje está completamente repicado, el chavetero de ese mismo eje presenta fisuras y el buje del eje vertical está desgastado y repicado.

Adicionalmente, se observan holguras en el eje de transmisión de la roscadora y falta de precarga en el paquete de rodamientos que derivan en un salto radial de 0,08mm y un salto axial de 0,06mm. Este tipo de saltos genera sobreesfuerzos en eje de transmisión y demás elementos del subconjunto que deterioran la máquina y acortan su vida útil. Es por esto que durante la revisión se procede a subsanar estas deficiencias sustituyendo los rodamientos y realizando la correcta empaquetadura. Luego de la intervención se consigue un salto radial menor a 0,005mm y un salto axial menor a 0,006mm.

De manera análoga, en el eje de transmisión a corona dentada se detecta un salto radial de 0,4mm y un salto axial de 0,36mm ocasionados por holguras y falta de precarga en el paquete de rodamientos. Luego de subsanar las deficiencias se consigue un salto radial menor a 0,01mm y un salto axial menor a 0,01mm.

Finalmente, en el subconjunto eje principal corona-plato leva se detectaron inicialmente saltos en la nariz y en el extremo del eje. En la nariz se detecta un salto radial de 0,10mm y un salto axial de 0,12mm. En el extremo se detecta un salto radial de 0,26mm y un salto axial de 0,18mm. Luego de la intervención en la nariz se observa un salto radial menor a 0,005mm y un salto axial menor a 0,003mm.

En general de la roscadora se sustituyen rodamientos, arandelas de ajuste, bujes, chavetas y ejes. Posterior a esta revisión y considerando el estado de la transmisión de la roscadora se decide revisar adicionalmente el eje de transmisión de la prensa. Se comprueba que la holgura existente entre el piñón de transmisión de la roscadora con respecto al eje de transmisión de la prensa es de 0,58mm y se decide realizar el desmontaje completo del eje de transmisión de la máquina, incluyendo el embrague y el piñón de transmisión al cigüeñal para sustituir la chaveta y eliminar dicha holgura. Esta intervención no prevista inicialmente se realizó con una ampliación en una semana del plazo de parada previsto inicialmente. Adicionalmente, se sustituyen juntas tóricas, retenes blindados y rodamientos y se sustituyen los ferodo del embrague.

Posteriormente, se realiza la revisión de la punteadora, en la cual se limpian los diferentes elementos que la componen y se sustituyen rótulas, rodamientos y pernos de sujeción. Se comprueba el buen estado del subconjunto.

Del mismo modo, se revisa el transfer de la máquina sustituyendo los rodamientos principales. Durante la revisión se detecta que el árbol de levas del transfer presenta holgura excesiva por el desgaste de los piñones de transmisión. Debido a esto se desmonta tanto el piñón del eje del

transfer como el del eje de levas de la máquina, se realiza la sustitución de ambos y se ajustan correctamente para garantizar un buen ataque y evitar el deterioro de los piñones.

Finalmente, se realiza la instalación del variador en el cuadro eléctrico de la máquina y se realizan las pruebas pertinentes para comprobar su buen funcionamiento.

Máquina 37.2 (2 semanas)

La intervención sobre la prensa combinada se ejecuta de acuerdo a lo planificado. Se inicia con la desconexión eléctrica completa de la prensa y elementos auxiliares. Luego se realiza el desmontaje de las placas y protecciones de la prensa y se desmonta el canal de elevación de tornillos para sustituir las guías de elevación. Durante esta revisión se desmontan y limpian las palas de elevación y la cadena. Finalmente, se vuelve a montar el subconjunto en posición y se verifica su buen funcionamiento.

Posteriormente se realiza la revisión de la punteadora y se sustituyen rodamientos, rótulas, pernos, roldanas, la polea y la correa de la punteadora. Por último, se revisa in situ el estado del transfer y sustituyen collarines, rodamientos, rótulas y juntas tóricas.

Finalmente, se realiza el conexionado de la prensa y se verifica la integración de todos sus elementos.

Máquina S2.1 (1 semana + 1 semana ampliación)

De acuerdo a lo planificado, se realiza el desmontaje del carro de torpedos para poder acceder al sistema de tope de material. Se desmonta el sistema antiguo y se mecaniza el nuevo sistema para adaptarlo a los requerimientos de la máquina. Adicionalmente, a petición del cliente se extiende por una semana el tiempo de parada de la máquina para realizar la revisión del sistema de corte de la prensa. Se sustituyen muelles, roldanas y rodamientos desgastados. Finalmente, se realiza el montaje en máquina y se verifica la integración y el funcionamiento de todos los elementos de la máquina.

Máquina V4.2 (1 semana adicional)

Posterior a la intervención anterior, el cliente solicita la inclusión de la prensa combinada BV4-2 en las intervenciones planificadas. Específicamente, se plantea la revisión del circuito hidráulico y la bomba multisalida para subsanar deficiencias en su funcionamiento. Luego, se revisa el empujador de la roscadora y los sistemas de lubricación controlada y refrigeración.

Máquina 36.1 (3 semanas – 1 semana eliminada)

La intervención en la prensa combinada 36.1 se realiza de acuerdo a lo planificado. Los trabajos inician con el desmontaje de las placas y protecciones de la máquina para luego proceder a desmontar la roscadora, la punteadora y el transfer. El primer subconjunto en ser revisado es la roscadora, la cual es desmontada y se revisa el estado de sus elementos. Durante la intervención se detecta deterioro e irregularidad en las superficies de las placas de bronce y acero del carro de la roscadora. Por esto, se procede a rectificar y suplementar las placas para luego realizar la alineación y el verificado geométrico del subconjunto.

Luego, se procede a realizar la revisión de la punteadora. Durante la revisión se sustituyen rodamientos y pequeños ejes y se verifica el buen estado de los demás componentes. Finalmente, se procede a la revisión del transfer y la verificación del estado de sus elementos.

Tras petición del cliente, se incluye en la intervención los subconjuntos de corte, bloque de matrices y martillos de expulsión. Para ello se procede al desmontaje del bloque de levas de los martillos de expulsión y el conjunto de los martillos para poder acceder al sistema de corte y al bloque de matrices. Durante la revisión del subconjunto bloque de matrices se sustituyen barras de expulsión, casquillos, separadores, placas, muelles, juntas tóricas, tuercas de bloqueo, roscones de regulación, piñones de regulación y rodamientos. Se limpian los demás elementos y se verifica su buen estado. Luego, durante la revisión de los martillos de expulsión se limpian y verifican los elementos y se realiza la sustitución de casquillos y rodamientos. Posteriormente, se revisa el estado del bloque de levas de los martillos y el sistema de corte y al revisar el sistema de corte se sustituyen pequeños ejes y rodamientos.

Finalmente, se realiza el montaje en la máquina de todos los elementos y se comprueba su integración y buen funcionamiento.

Máquina S3 (3 semanas – 1 semana eliminada)

La intervención planificada de la prensa combinada S3 procede de acuerdo a lo planificado. Se inician los trabajos de integración eléctrica con la desconexión y el desmontaje de los cuadros eléctricos. Adicionalmente, se desmonta el carro de torpedos para acceder al sistema de tope de material e implantar el nuevo sistema de tope. Posteriormente, se procede con el montaje del cuadro eléctrico integrando en un mismo cuadro los componentes de la prensa, la roscadora y el banco de calibrar eliminando cableado sobrante y limpiando suciedad. Se realiza el montaje de una nueva bandeja de soportación del cableado eléctrico.

Adicionalmente a los trabajos planificados, se realiza el desmontaje del canal de elevación de los tornillos y se sustituyen palas, embragues, ferodos y pequeños ejes. Antes de comenzar la intervención en la máquina, se detectan problemas en el funcionamiento de la alimentación, por lo cual se añade también la revisión de este subconjunto. Se desmontan los ejes de alimentación detectando holguras entre uno de los ejes y su rueda de alimentación. Se subsana este defecto y se realiza el montaje en máquina.

Finalmente, se procede a la integración eléctrica y mecánica de todos los elementos verificando buen funcionamiento.

Máquina V4.1 (2 semanas adicionales)

A petición del cliente, se incluye la prensa combinada V4.1 en las intervenciones planificadas para realizar una revisión exhaustiva de los circuitos hidráulicos y de lubricación. Adicionalmente, el cliente ha solicitado la revisión del sistema de alimentación, la punteadora y el elevador de tornillos.

Inicialmente, se procede al desmontaje de las placas y protecciones de la prensa para posteriormente realizar la desconexión hidráulica y extraer la punteadora para su revisión. Al desmontar los elementos, se observa gran desgaste en el carro de desplazamiento vertical de sujeción del tornillo en la punteadora, lo cual provoca descentrados en la introducción de tornillos con holguras superiores a 0,5mm debido al desgaste. Por ello se procede a rectificar y suplementar las placas de bronce del carro y rectificar las superficies del carro. Adicionalmente se sustituyen rodamientos, ejes mecanizados en taller, barras de uniones fabricadas en taller, retenes, ballestas, muelles, correas, pasadores, rodillos de leva y casquillos.

Asimismo, se procede a revisar el mandrino de corte de la punteadora por avisos de precalentamiento. Se observa la falta de precarga en el paquete de rodamientos y se detecta un salto radial de 0,7mm y un salto axial de 0,46mm incompatibles con la precisión requerida del elemento. Adicionalmente, se observa excentricidad en el alojamiento de los rodamientos lo cual genera vibraciones y saltos en el paquete. Se subsana este defecto realizando un mandrinado en un taller externo para aumentar el diámetro de ambos alojamientos respetando el centro de los mismos. Los casquillos se clavan en caliente y posteriormente se verifican las medidas comprobando subsanación de problemas de excentricidad. Por último, se sustituyen rodamientos, ejes y poleas.

Posteriormente, se realiza la revisión de sistema de alimentación y se sustituyen chavetas y un eje de alimentación. Finalmente, se realiza la revisión del elevador de tornillos verificando el buen estado de los elementos y sustituyendo elementos del sistema de palas de elevación. Por último, se revisa el bloque fijo de la roscadora.

Durante la revisión de los sistemas hidráulicos y de lubricación se limpian los conductos y se comprueba el funcionamiento de los sistemas. Adicionalmente, se estima oportuno realizar el saneado del cableado eléctrico de la presa debido a su mal estado.

Luego de las modificaciones realizadas a las intervenciones planificadas se obtiene el Diagrama de Gantt del Anexo IV.

6. RESULTADOS

En general, resalta la ampliación de los subconjuntos intervenidas por máquina durante las paradas planificadas. Esto se debe al descubrimiento de nuevas zonas afectadas al tener las máquinas desmontadas y considerar adecuado ampliar los periodos de intervención para realizar intervenciones más extensivas. Adicionalmente, se han agregado dos prensas nuevas a la planificación (V4.1 y V4.2) aprovechando la inercia de trabajo generada en el equipo de mantenimiento al realizar las intervenciones planificadas. Por último, se retrasa al 2020 la intervención sobre la prensa 37.3 por decisión del cliente. El proceso final de selección de las máquinas a incluir en las intervenciones se muestra en la Figura 34.

Figura 34 Proceso final de selección de máquinas a intervenir.

Luego de la aplicación de las intervenciones planificadas, se procede a estudiar el impacto generado sobre el funcionamiento de las máquinas de la factoría. El primer indicador a estudiar será el porcentaje de avería mensual por máquina. En los gráficos se observan los indicadores mensuales, valor objetivo que varía en el año 2020 (Tabla 3) y el valor promedio en los periodos anterior y posterior a la intervención planificada. De esta forma se intenta mostrar el progreso del desempeño de la máquina y la disminución de averías.

Año	% Avería	MTBF (h)	MTTR (min)
2018 - 2019	< 3,5	>29	<56
2020	< 2,6	>80	<58

Tabla 3 Objetivos indicadores Mantenimiento

El valor de porcentaje de avería durante el mes de la realización de los trabajos no se ha tomado en cuenta en el cálculo de los promedios en los casos en que la intervención se ha realizado íntegramente durante un mes. Por otra parte, en los casos en los que la intervención ha tenido lugar en dos meses, sí que se toman en cuenta los valores de porcentaje de avería en el cálculo.

El análisis de resultados se estudiará el promedio del porcentaje de avería como indicador general del estado de la máquina. Sin embargo, en los casos en los que este porcentaje aumente significativamente se analizará cuáles han sido las averías ocurridas y si los subconjuntos a los

que pertenecen los elementos afectados han sido revisados o no durante las intervenciones planificadas.

Máquina 38 (15/07 – 13/08)

En el Gráfico 6 se observa claramente una disminución del porcentaje de avería después de los trabajos realizados. Previo a la intervención se tiene un valor del indicador de 2,1% y posterior a la misma el porcentaje de avería es 1,3%. A pesar de esto, en el mes de septiembre 2019 hay un repunte en las averías de la máquina. De acuerdo a los informes de averías del mes de septiembre los elementos afectados por fallos corresponden al elevador de tornillos y a los circuitos de lubricación, los cuales no han sido revisados durante la intervención planificada. Quedaría pendiente hacer un seguimiento de estos subconjuntos y evaluar su posible revisión durante una futura intervención planificada.

En definitiva, se puede afirmar que la intervención sobre la máquina 38 ha tenido resultados positivos sobre su funcionamiento. Se ha minimizado la reincidencia en averías y se ha maximizado el tiempo de producción de las máquinas. Adicionalmente se ha disminuido la frecuencia de averías significativas al permanecer cada mes (a excepción de julio) por debajo del objetivo establecido por la empresa.

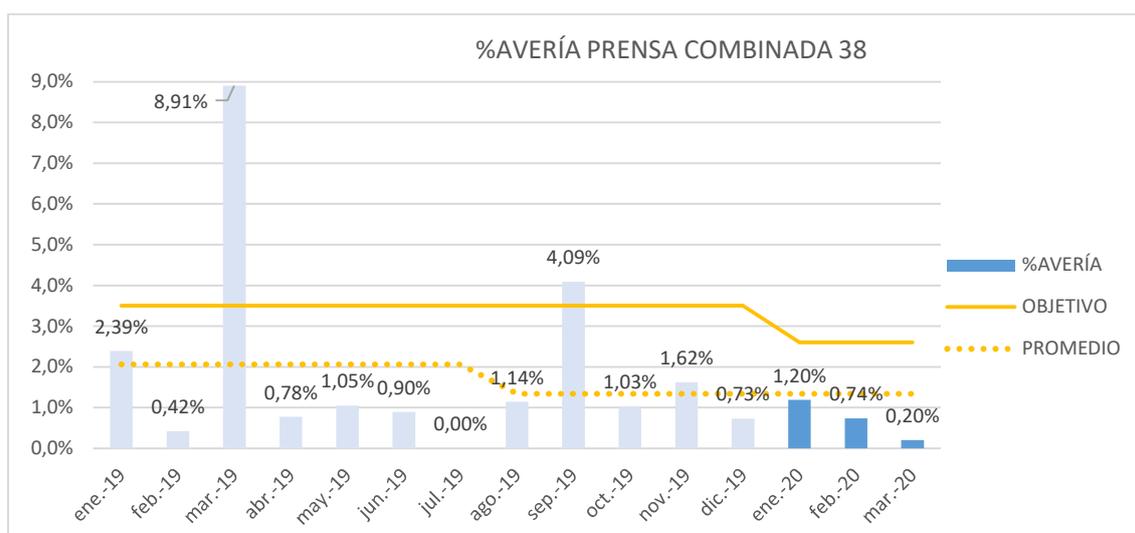


Gráfico 6 Resultados intervención prensa combinada 38

Máquina 37.2 (05/08 – 18/08)

El Gráfico 7 ilustra los resultados de la intervención realizada en la prensa combinada 37.2. Previo a los trabajos se contabiliza un promedio de porcentaje de avería de 3,8% y posterior a los mismos de 1,9%. A pesar de que es notable el descenso de los valores del indicador durante los meses del 2019 luego de la intervención, en el 2020 se observa un aumento de las averías en la máquina. De acuerdo a los informes del primer trimestre del año, las averías ocurridas en la máquina han afectado elementos pertenecientes a la cinta de salida de producto terminado, el sistema de lubricación controlada y su programación y el sistema de elevación de tornillos.

De estos subconjuntos afectados, el único que ha sido intervenido durante los trabajos planificados es el sistema de elevación de tornillos. Como se ha desarrollado en capítulos anteriores, las guías del canal de elevación se sustituyeron y se revisó todo el conjunto. Por ello, resalta que en el mes de febrero hayan ocurrido enganches en la cinta por tener una pala fuera de las guías del canal de elevación. Se planifica una revisión de todo el sistema y permanece en observación.

En general, se puede concluir que la intervención ha traído buen resultado en el funcionamiento de la máquina. Ha disminuido significativamente el porcentaje de avería, logrando alcanzar el objetivo establecido por la empresa incluso después del ajuste de objetivos del año 2020. Queda en observación el funcionamiento del subconjunto del elevador de tornillos.

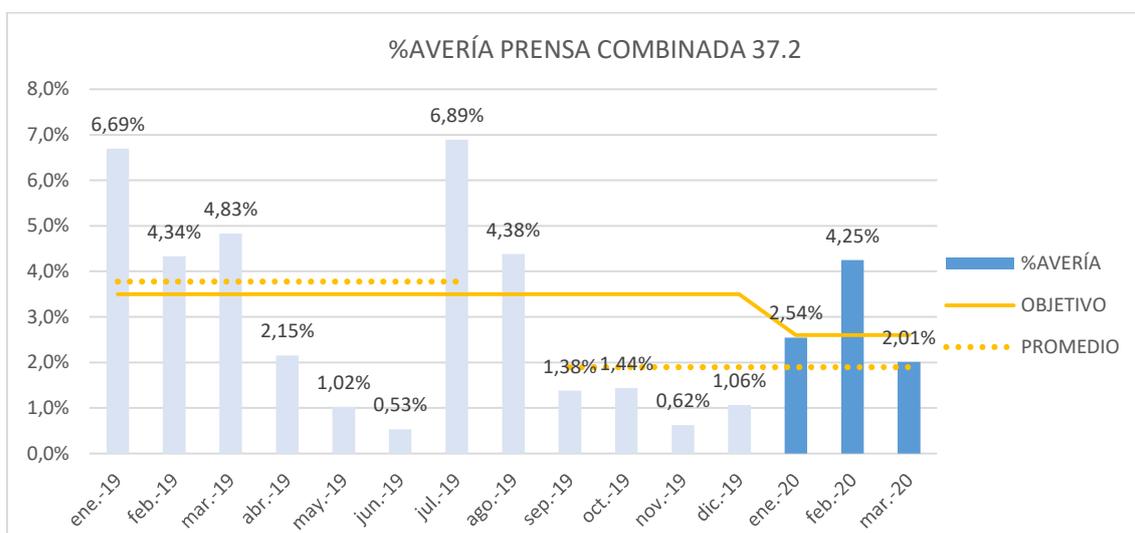


Gráfico 7 Resultados intervención prensa combinada 37.2

Máquina S2.1 (05/08 – 18/08)

En la Gráfico 8 se encuentran los resultados de la intervención realizada a la prensa combinada S2.1. A pesar de la escala del gráfico se observa claramente la disminución del porcentaje de avería antes y después de la intervención, bajando de 6,4% a 4,8%. A pesar de este descenso, resalta un aumento de las averías en los primeros meses del año 2020. Los elementos afectados pertenecen a los subconjuntos transfer, circuito de refrigeración y roscadora, los cuales son subconjuntos que no formaron parte de la intervención planificada.

Ahora bien, aunque el descenso del porcentaje de avería de la máquina es notable, aún no se logra alcanzar el objetivo establecido por el cliente. Se establece como pendiente para una futura intervención en la prensa la revisión de los subconjuntos mencionados anteriormente y permanece en observación si las averías ocurridas presentan reincidencia.

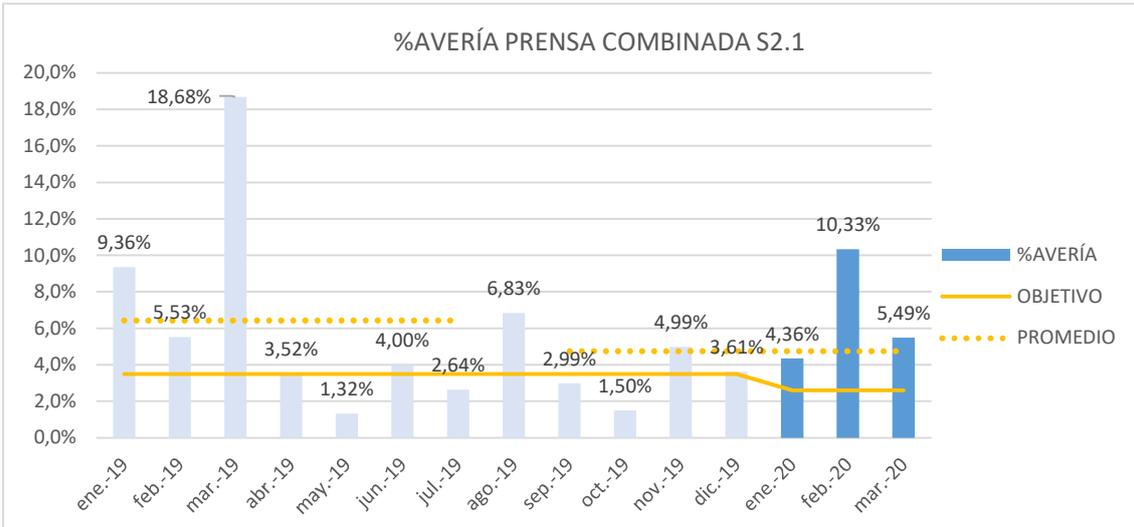


Gráfico 8 Resultados intervención prensa combinada S2.1

Máquina V4.2 (19/08 – 25/08)

El Gráfico 9 muestra los resultados obtenidos en la intervención sobre la prensa combinada V4.2. Luego de la intervención ejecutada durante el mes de agosto, el porcentaje de avería sufre un sutil descenso de 4,84% a 4,39%. Es de esperar que los resultados no sean significativos ya que la intervención abarcó elementos muy puntuales de la máquina. Sin embargo, el porcentaje de avería obtenido durante el mes de marzo resalta por su alto valor. Durante ese mes se detectó una avería grave en el mandrino de la punteadora de la máquina que obligó a detener la máquina durante varios días seguidos.

A pesar de que aún no se logra alcanzar el objetivo definido por el cliente, si apartamos el valor de marzo se puede observar un descenso gradual en el porcentaje de avería de la prensa. Por esto, y considerando que no ha habido reincidencia de averías en los elementos intervenidos, se puede afirmar se han obtenido resultados favorables en los trabajos planificados sobre esta prensa combinada.

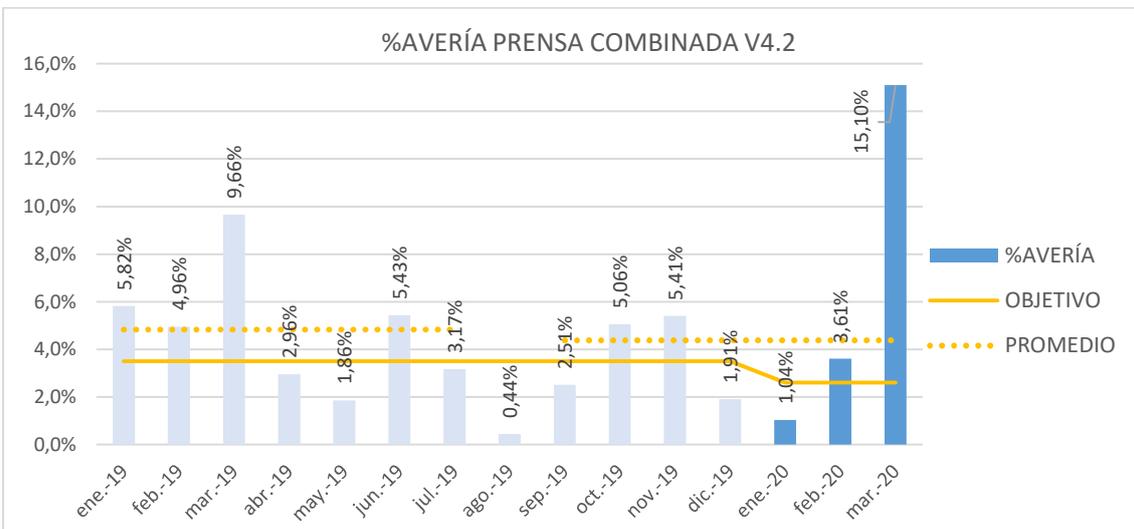


Gráfico 9 Resultados intervención prensa combinada V4.2

Máquina 36.1 (26/08 – 09/09)

En el Gráfico 10 se observan los resultados de los trabajos de la intervención planificada sobre la prensa combinada 36.1 que tuvo lugar entre los meses agosto y septiembre. En contra de lo esperado, hay un aumento en porcentaje de avería, variando de 2,18% a 3,00%. Es pertinente comentar los meses de noviembre y diciembre, donde hay un incremento marcado en el valor del indicador. De los informes de averías de las máquinas resalta una avería en el canal de entrada a la punteadora durante estos meses que tuvo detenida la máquina por un par de días para su reparación debido a falta de repuesto.

A pesar de esto, durante los primeros meses del año 2020 se cumple con el objetivo definido por el cliente. Adicionalmente, se debe resaltar que los subconjuntos revisados durante la intervención planificada no han presentado reincidencia de averías. Por lo cual, a pesar de no alcanzar el objetivo global deseado, el desempeño de la máquina ha presentado mejoría.

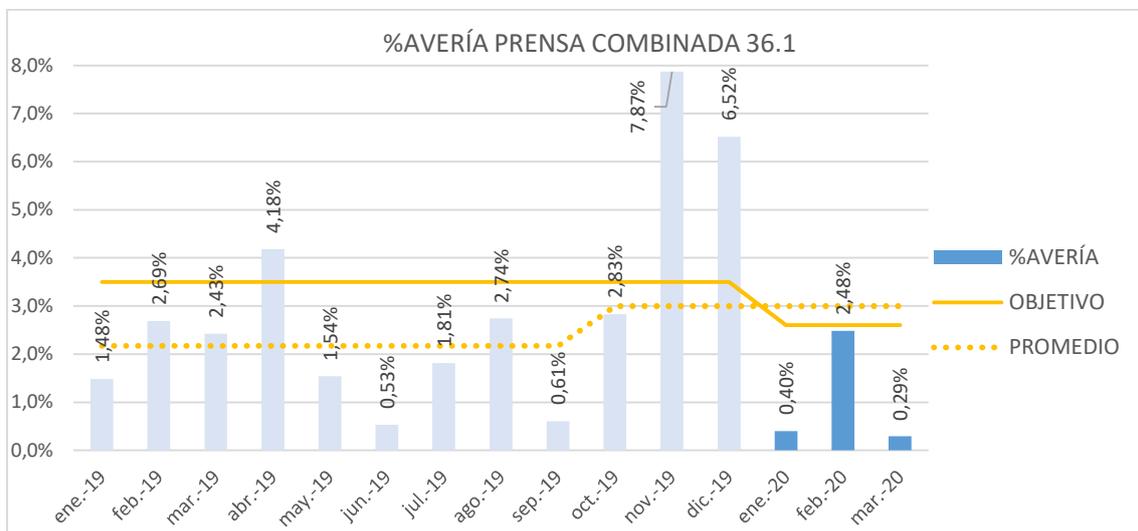


Gráfico 10 Resultados intervención prensa combinada 36.1

Máquina S3 (18/09 – 01/10)

En el gráfico 11 se pueden observar los resultados obtenidos de la intervención planificada en la máquina S3. Es notable la disminución del valor del porcentaje de avería antes y después de la intervención, progresando de 7,1% a 5,9%. A pesar de esto, es importante estudiar los altos valores obtenidos en los meses de diciembre y enero. En estos meses se intervinieron elementos de subconjuntos fuera del alcance de la intervención planificada. Específicamente, se subsanó una avería en la cinta de salida de producto terminado, se reprogramó el funcionamiento de las cintas y se revisan los sistemas hidráulicos y de lubricación.

En conjunto, a pesar de que no se ha logrado alcanzar el objetivo definido por la empresa, sí que se ha logrado una mejoría notable en el funcionamiento de la prensa. Queda pendiente hacer seguimiento del estado de la prensa y las últimas intervenciones realizadas para evaluar si hay o no reincidencia en averías.

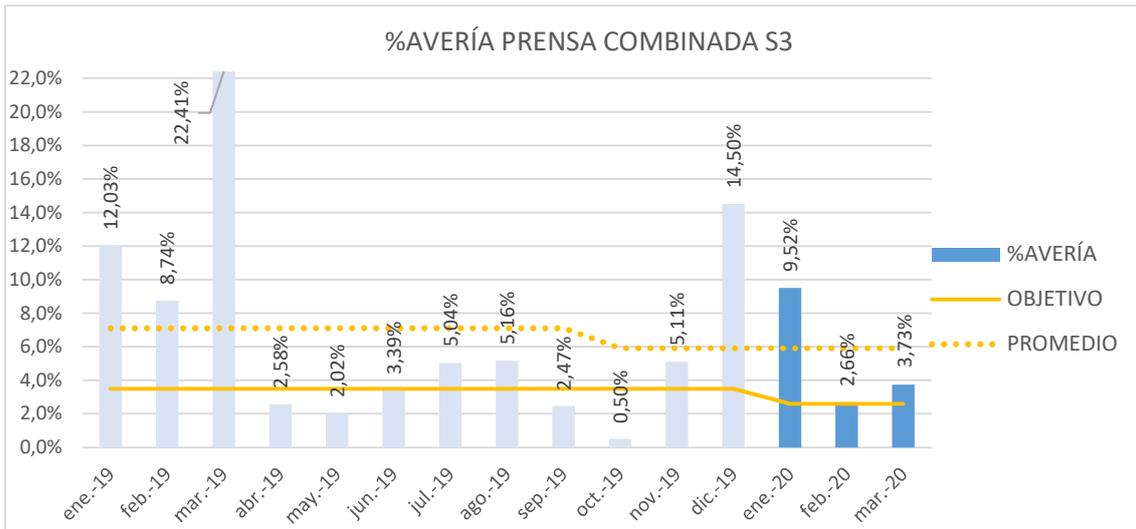


Gráfico 11 Resultados intervención prensa combinada S3

Máquina V4.1 (23/09 – 06/10)

El Gráfico 12 ilustra los resultados de la intervención realizada en la prensa combinada V4.1. Se observa claramente un incremento del porcentaje de avería de la máquina, variando de 1,96% a 4,64%. En el mes de enero ocurren varias averías involucrando fallos en variadores mecánicos y en el canal de introducción a la roscadora. Posteriormente en febrero se registran averías en elementos de los subconjuntos transfer y canal de introducción a la punteadora. Es necesario destacar que la intervención planificada no abarcó la revisión de estos subconjuntos y es evidente la necesidad de una revisión extensiva de los mismos en una intervención planificada futura. Para evaluar correctamente los resultados de esta intervención se deberá observar el desempeño de la máquina durante los meses restantes del año.

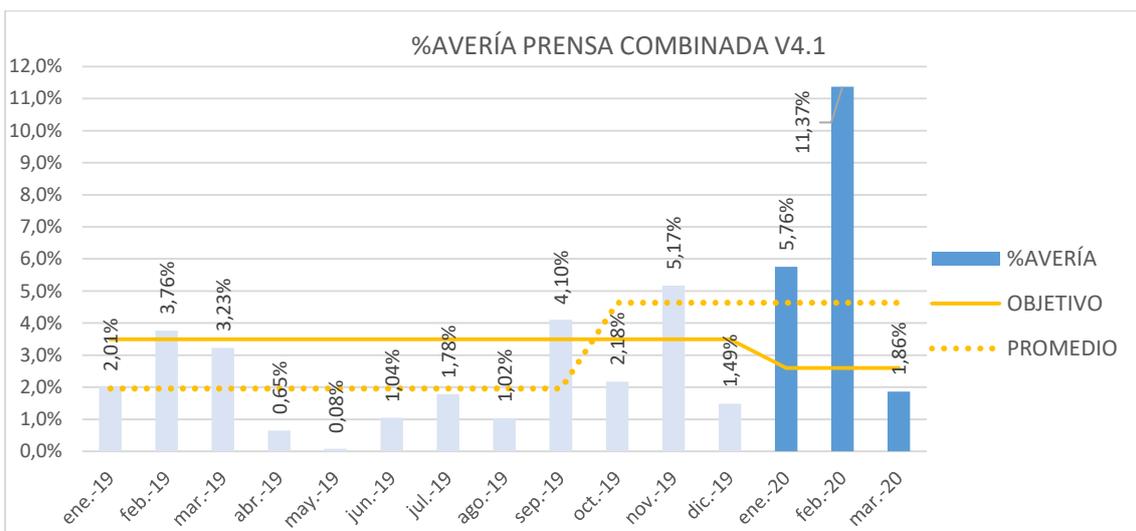


Gráfico 12 Resultados intervención prensa combinada V4.1

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Antes de proceder a extraer las conclusiones de los resultados de la propuesta implementada, es conveniente estudiar la evolución de los tres indicadores utilizados por la fábrica de tornillos para evaluar el desempeño de las prensas. Esto se debe a que el desempeño del equipo de mantenimiento y la implantación de la propuesta se refleja en estos indicadores. Como se ha mencionado en capítulos anteriores, los indicadores a estudiar son el porcentaje de avería “%avería”, el tiempo medio de reparación “MTTR” y el tiempo medio entre averías “MTBF”.

En el Gráfico 13 se ilustra la evolución del primer indicador desde la situación inicial definida como el año 2018 hasta la situación actual en el primer trimestre del año 2020. Como se observa a simple vista, durante el año 2019 hubo un descenso significativo en el porcentaje de avería de las máquinas. Los meses en los cuales se realizan las intervenciones de planificadas de mantenimiento registran una estabilización del valor del indicador, reflejando la estabilidad del funcionamiento de las máquinas dentro del objetivo planteado.

Asimismo, se ha logrado disminuir el porcentaje de avería de tal manera que durante casi todos los meses del año 2019 (en enero se supera por un 0,24%) se logra alcanzar la meta establecida por el cliente. Inclusive, durante el primer trimestre del 2020 se logra disminuir aún más el valor del indicador, mejorando el desempeño de las máquinas mes a mes de manera gradual para eventualmente alcanzar el nuevo objetivo.

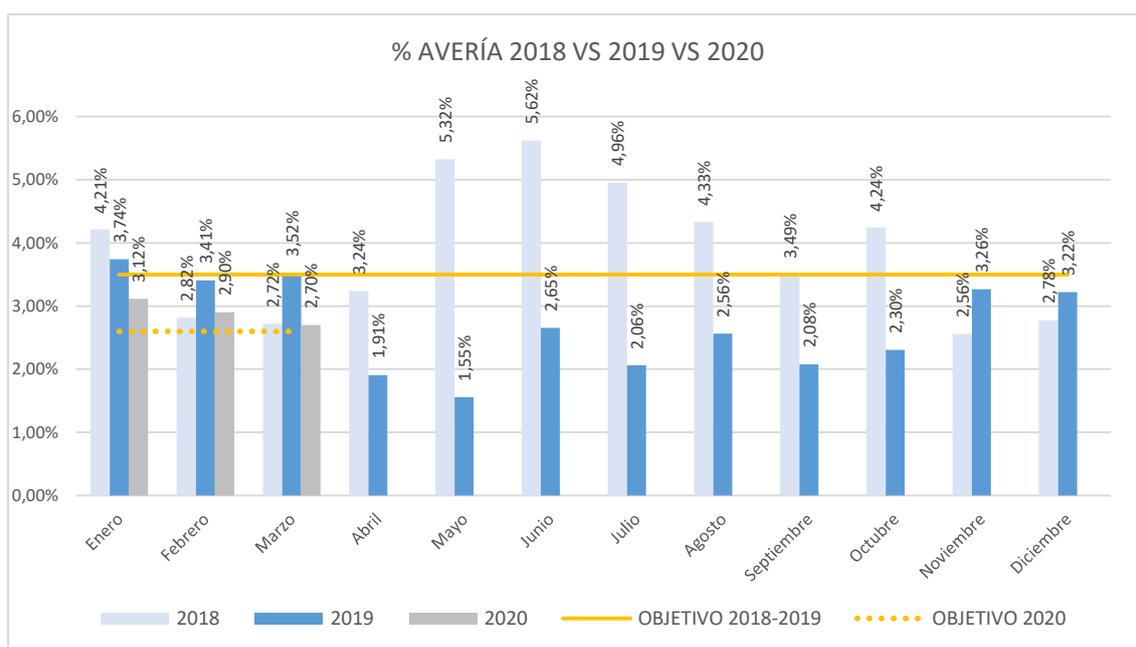


Gráfico 13 Evolución del porcentaje de avería entre los años 2018 y 2020

A continuación, en el Gráfico 14 se muestra el progreso del tiempo medio entre averías desde la situación inicial en el año 2018 hasta el primer trimestre de año 2020. El objetivo general es aumentar al tiempo que hay entre averías para que, de esa manera, se pueda disponer de mayor tiempo para que la máquina esté productiva. En la situación inicial se observa que en promedio cada 27 horas se producía una nueva avería, sin embargo durante el año 2019 se logra alcanzar un promedio de 76 horas entre averías. Esta mejora deriva en un ajuste del objetivo planteado

por la empresa pasando de 29 horas a 80 horas. Durante el primer trimestre del 2020 se ha logrado alcanzar y superar esta meta, notándose un progreso sostenido en el valor de este indicador.

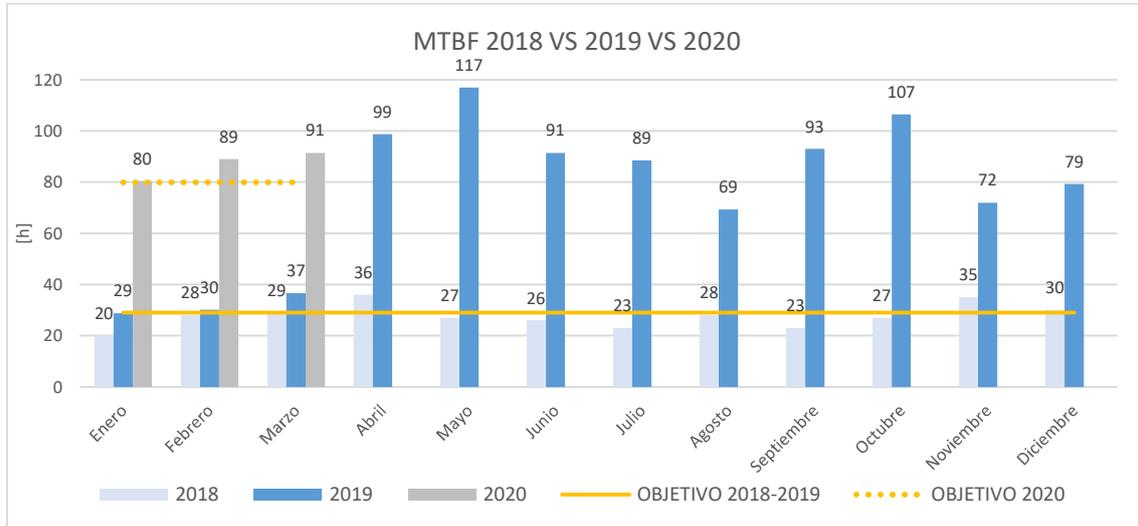


Gráfico 14 Evolución del MTBF entre los años 2018 y 2020

Por último, el comportamiento del indicador de tiempo medio de reparación se ilustra en el Gráfico 15. El objetivo planteado para el equipo de mantenimiento consistió en mantener el indicador por debajo del objetivo planteado. Sin embargo, a pesar de que en algunos meses del año 2019 se logra disminuir el valor del tiempo medio de reparación, los promedios obtenidos en cada año son muy similares (63 min vs 62 min). Inclusive, durante los primeros meses del año 2020 se observa un aumento del tiempo requerido en las intervenciones, superando los niveles registrados en esos meses en años anteriores.

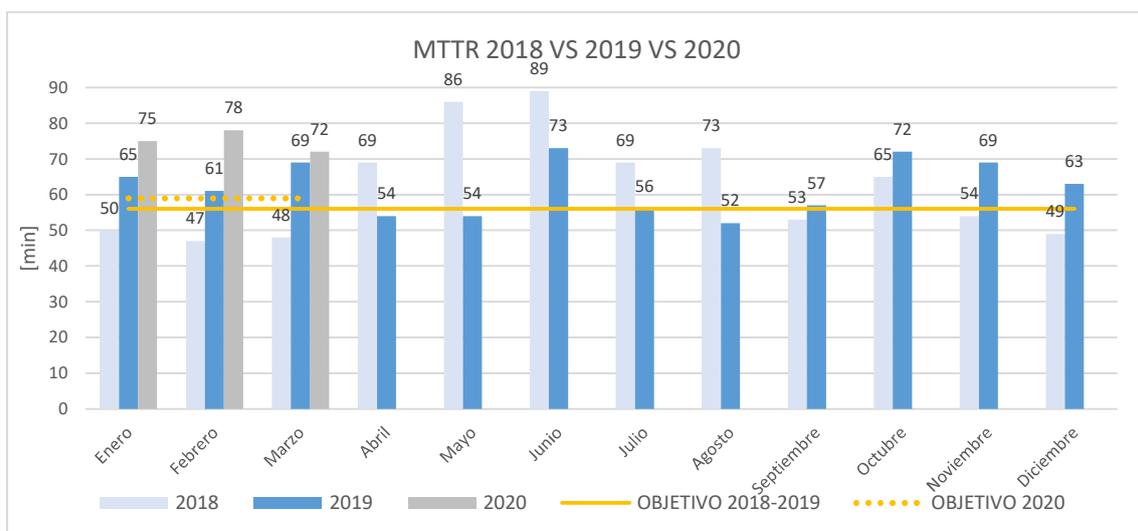


Gráfico 15 Evolución del MTTR entre los años 2018 y 2020

Finalmente, del análisis de la evolución de los indicadores de mantenimiento es posible concluir que luego de las intervenciones se ha reducido el número de averías totales en las máquinas (mayor MTBF), pero las averías son de mayor duración (mayor MTTR). Lo cual indica que las reparaciones son más costosas en tiempo pero más efectivas, derivando en una mejora en el desempeño general de las máquinas (menor %avería). Es importante considerar también que los largos tiempo de intervención pueden ser causados por falta de repuestos y carencia de un inventario del almacén y ubicación del material.

Adicionalmente, es importante notar la estabilización de los indicadores luego de las intervenciones. Si se estudian los tres indicadores después de las intervenciones planificadas, es decir, a partir del último trimestre del 2019 es evidente la estabilización alrededor de un valor en específico o una tendencia.

En el caso del porcentaje de avería, a partir de noviembre de 2019, se registran valores entre 3% y 4% sin haber desviaciones significativas. Por su parte, en el caso del MTBF se observa una tendencia de crecimiento. Por último, el valor del MTTR se ha estabilizado alrededor de los 70min. Estas tendencias indican la regularización del desempeño de las máquinas, lo cual es positivo para la producción de la planta ya que aumenta la confianza en el desempeño de las máquinas permitiendo así mejoras en la planificación de la producción de la empresa.

Finalmente, luego de haber analizado los resultados individuales de la aplicación de la propuesta implementada se llega a la conclusión de que en su mayoría las intervenciones planificadas han tenido efectos positivos y han alcanzado los objetivos de minimizar reincidencia en averías y maximizar los tiempos productivos de las máquinas.

En los casos en los que ha habido un aumento del porcentaje de avería de las máquinas, se ha verificado que es porque estas averías afectan subconjuntos que no fueron incluidos en las intervenciones planificadas.

Considerando las conclusiones expuestas y los resultados obtenidos, es recomendable continuar con el proceso de mejora del funcionamiento de las máquinas y la optimización del funcionamiento del equipo de mantenimiento.

Inicialmente, se realizaron tres propuestas de mejora: Organización e inventariado del almacén basado en documentación actualizada, Creación de planes de mantenimiento preventivo y Organización de intervenciones planificadas. De éstas, las dos primeras se pospusieron para dar prioridad a la implantación de la última propuesta. Sin embargo, es evidente se mantienen las carencias que dieron origen a las propuestas no aplicadas.

Es por esto, que se recomienda su reconsideración y futura implementación. Considerado que ya se ha logrado mejorar y estabilizar el estado de las máquinas, es posible dedicar tiempo y recursos al mantenimiento preventivo y a la organización e inventariado del almacén. Adicionalmente, se deberían organizar nuevas intervenciones planificadas en las paradas de verano y diciembre dónde se intervengan los subconjuntos de las máquinas donde actualmente se registran mayores porcentajes de avería.

8. PRESUPUESTO

El coste de implantación de la propuesta se estudiará considerando únicamente la mano de obra requerida en las intervenciones. Los demás costes, como el tiempo de parada de las máquinas, recambios y mecanizado de elementos han sido cubiertos directamente por el cliente y la información no está disponible. A pesar de esto, es adecuado considerar que el tiempo de parada de las máquinas no ha representado un coste significativo por disminución de producción ya que las paradas de las máquinas han coincidido en gran parte con los periodos de vacaciones de los operarios que controlan las máquinas.

Adicionalmente, en los casos en los que se disponía de la maquinaria con herramientas y prestaciones suficientes, se han realizado procesos de mecanizado en el mismo taller de mantenimiento por lo cual los costes correspondientes han sido absorbidos por el equipo de mantenimiento.

La sustitución de elementos defectuosos se ha organizado priorizando el uso de recambios existentes en el almacén. Se han comprado elementos nuevos en casos muy específicos como las guías del canal de elevación de tornillos de la máquina 37.2 y rodamientos de alta velocidad de punteadoras. De resto, se ha reaprovechado en la medida de lo posible las piezas disponibles.

A continuación, se presenta una estimación del coste de estas intervenciones en la Tabla 4 Coste estimado de la implantación de la propuesta Organización de Intervenciones Planificadas. Esta aproximación se ha realizado contando las horas de trabajo de un Técnico supervisor de la obra y un Encargado de Equipo durante la totalidad de la duración de las intervenciones y las horas de trabajo del personal propio y externo especificado en el diagrama de Gantt del Anexo IV.

1. INTERVENCIONES PLANIFICADAS

1.1. PRENSA COMBINADA 38	HORAS	COSTE	TOTAL
			43.680,00 €
1.1.1 Técnico de obra	240	36,00 €	8.640,00 €
1.1.2 Encargado de equipo	240	31,00 €	7.440,00 €
1.1.3 Mano de obra propia	424	25,00 €	10.600,00 €
1.1.4 Mano de obra externa	680	25,00 €	17.000,00 €
COSTE TOTAL 1.1			43.680,00 €

1.2. PRENSA COMBINADAS 37.2	HORAS	COSTE	TOTAL
			9.704,00 €
1.2.1 Técnico de obra	112	36,00 €	4.032,00 €
1.2.2 Encargado de equipo	112	31,00 €	3.472,00 €
1.2.3 Mano de obra propia	32	25,00 €	800,00 €
1.2.4 Mano de obra externa	56	25,00 €	1.400,00 €
COSTE TOTAL 1.2			9.704,00 €

1.3. PRENSA COMBINADA S2.1	HORAS	COSTE	TOTAL
			9.104,00 €
1.3.1 Técnico de obra	112	36,00 €	4.032,00 €
1.3.2 Encargado de equipo	112	31,00 €	3.472,00 €
1.3.3 Mano de obra propia	32	25,00 €	800,00 €

1.3.4 Mano de obra externa	32	25,00 €	800,00 €
COSTE TOTAL 1.3			9.104,00 €

1.4. PRENSA COMBINADA V4.2	HORAS	COSTE	TOTAL
			5.952,00 €
1.4.1 Técnico de obra	56	36,00 €	2.016,00 €
1.4.2 Encargado de equipo	56	31,00 €	1.736,00 €
1.4.3 Mano de obra propia	40	25,00 €	1.000,00 €
1.4.4 Mano de obra externa	48	25,00 €	1.200,00 €
COSTE TOTAL 1.4			5.952,00 €

1.5. PRENSA COMBINADA 36.1	HORAS	COSTE	TOTAL
			12.840,00 €
1.5.1 Técnico de obra	120	36,00 €	4.320,00 €
1.5.2 Encargado de equipo	120	31,00 €	3.720,00 €
1.5.3 Mano de obra propia	96	25,00 €	2.400,00 €
1.5.4 Mano de obra externa	96	25,00 €	2.400,00 €
COSTE TOTAL 1.5			12.840,00 €

1.6. PRENSA COMBINADA S3	HORAS	COSTE	TOTAL
			11.104,00 €
1.6.1 Técnico de obra	112	36,00 €	4.032,00 €
1.6.2 Encargado de equipo	112	31,00 €	3.472,00 €
1.6.3 Mano de obra propia	64	25,00 €	1.600,00 €
1.6.4 Mano de obra externa	80	25,00 €	2.000,00 €
COSTE TOTAL 1.6			11.104,00 €

1.7. PRENSA COMBINADA V4.1	HORAS	COSTE	TOTAL
			12.704,00 €
1.7.1 Técnico de obra	112	36,00 €	4.032,00 €
1.7.2 Encargado de equipo	112	31,00 €	3.472,00 €
1.7.3 Mano de obra propia	72	25,00 €	1.800,00 €
1.7.4 Mano de obra externa	136	25,00 €	3.400,00 €
COSTE TOTAL 1.7			12.704,00 €

COSTE TOTAL CAPÍTULO 1 105.088,00 €

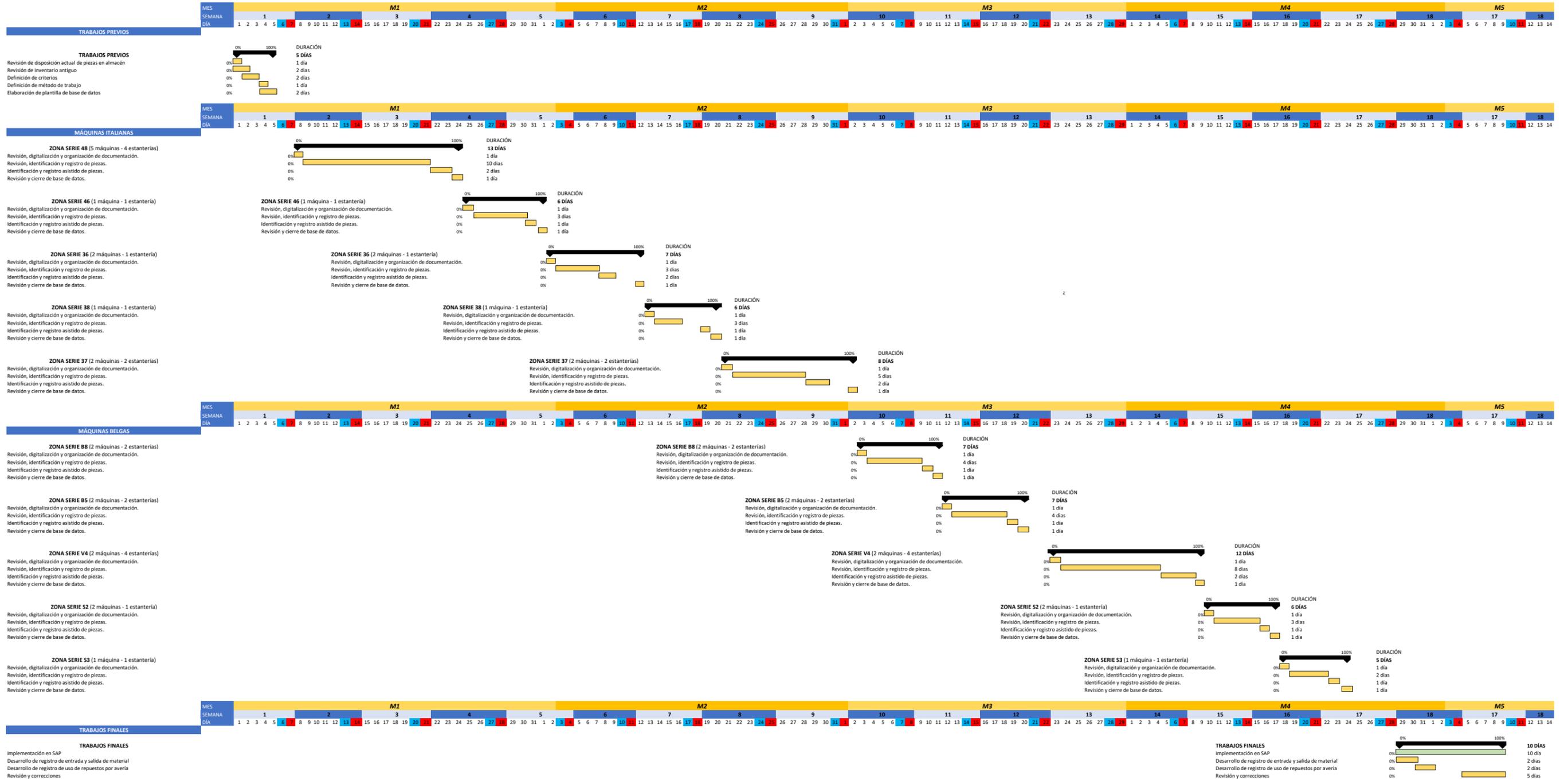
Tabla 4 Coste estimado de la implantación de la propuesta Organización de Intervenciones Planificadas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- MOBLEY, R., HIGGINS, L. y WIKOFF, J. *Maintenance engineering handbook*. 7ª edición. Estados Unidos de América: R. Keith Mobley, 2008.
- *Kamax* [consulta: 21 de marzo 2020]. Disponible en: <https://www.kamax.com/es/>
- *Elecnor: un poco de historia* [consulta: 20 de marzo 2020]. Disponible en: <https://www.elecnor.com/un-poco-de-historia>
- *SACMA Group: winning technologies* [consulta: 27 de marzo 2020]. Disponible en: <https://www.sacmagroup.com/uk/winning-technologies/sacma/>

10. ANEXO I

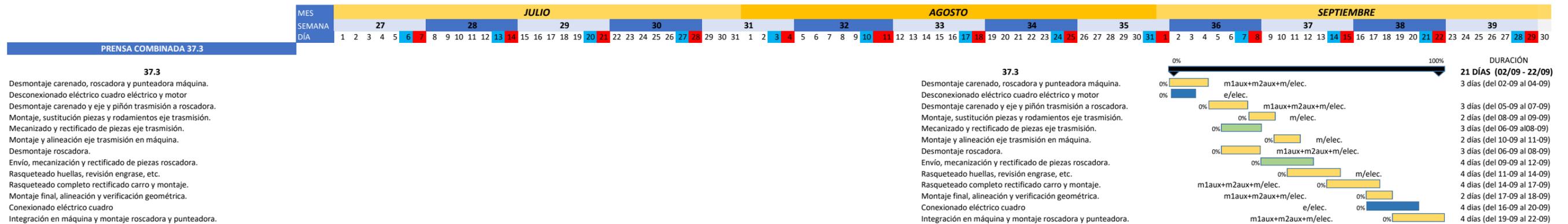
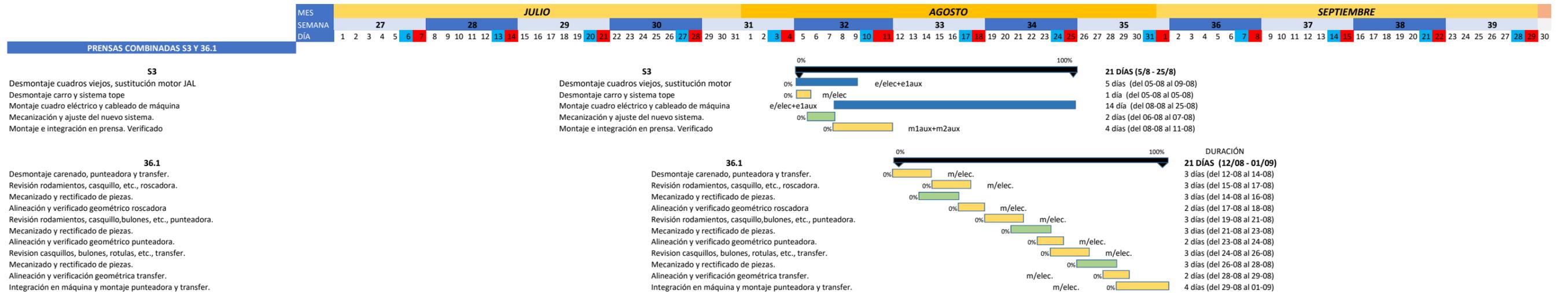
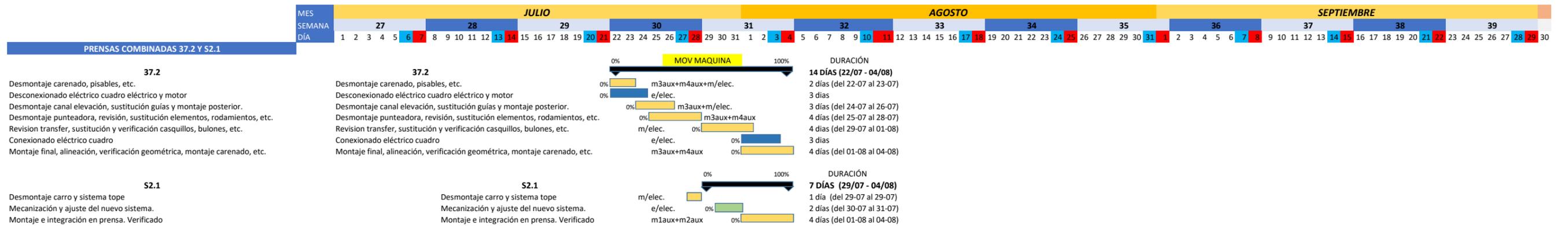
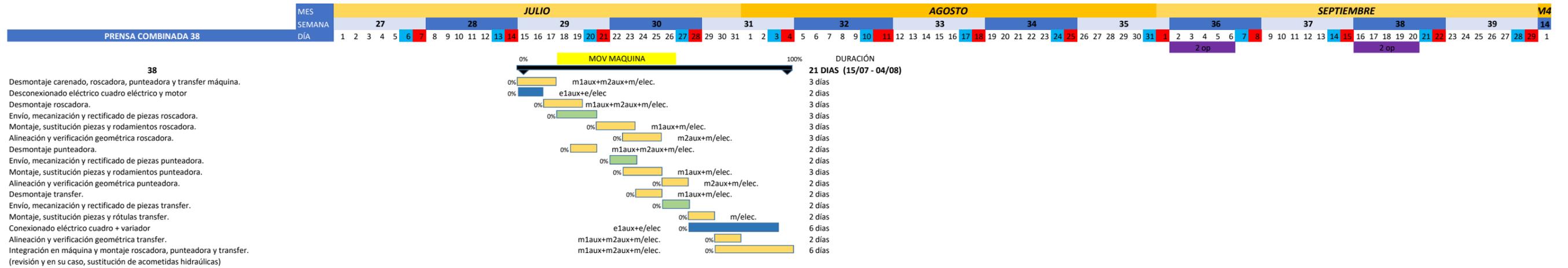
INVENTARIADO DEL ALMACEN BASADO EN DOCUMENTACIÓN ACTUALIZADA



11. ANEXO II

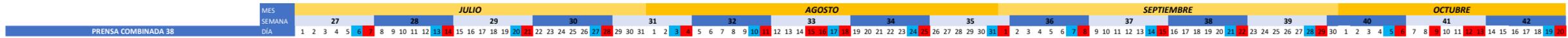
12. ANEXO III

ORGANIZACIÓN DE INTERVENCIONES PLANIFICADAS



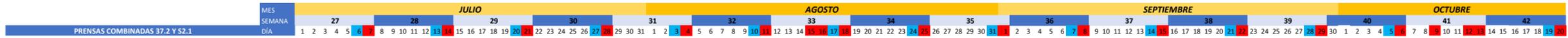
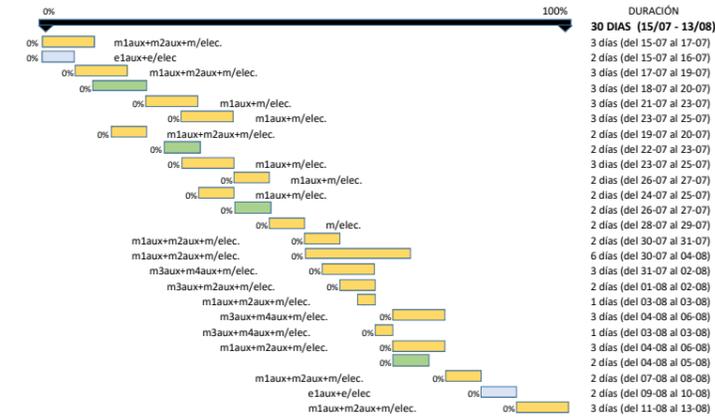
13. ANEXO IV

ORGANIZACIÓN DE INTERVENCIONES PLANIFICADAS - RESULTADO



38

Desmontaje carenado, roscadora, punteadora y transfer máquina.
 Desconexión eléctrica cuadro eléctrico y motor
 Desmontaje roscadora.
 Envío, mecanización y rectificado de piezas roscadora.
 Montaje, sustitución piezas y rodamientos roscadora.
 Alineación y verificación geométrica roscadora.
 Desmontaje punteadora.
 Envío, mecanización y rectificado de piezas punteadora.
 Montaje, sustitución piezas y rodamientos punteadora.
 Alineación y verificación geométrica punteadora.
 Desmontaje transfer.
 Envío, mecanización y rectificado de piezas transfer.
 Montaje, sustitución piezas y rótulas transfer.
 Alineación y verificación geométrica transfer.
 Integración en máquina y montaje roscadora, punteadora y transfer. Revisión y en su caso, sustitución de acometidas hidráulicas.
 Desmontaje eje transmisión, embrague, piñones, etc., en prensa.
 Revisión, limpieza, sustitución de ferodos, retenes, etc., en prensa.
 Sustitución rodamientos en eje transmisión.
 Montaje eje transmisión, embrague, piñones, etc., en prensa.
 Desmontaje sistema eje de levas.
 Sustitución piñones, rodamientos, hacer empaquetaduras, etc.
 Envío, mecanización y rectificado de piezas.
 Montaje y ajuste sistema eje de levas en máquina.
 Conexión eléctrica cuadro + variador
 Montaje carenado, pisables, cintas, motor, etc.



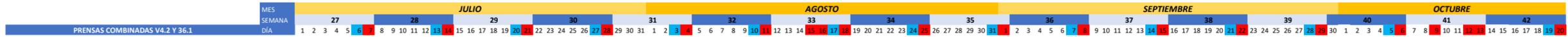
37.2

Desmontaje carenado, pisables, etc.
 Desmontaje canal elevación, sustitución guías y montaje posterior.
 Desmontaje punteadora, revisión, sustitución elementos, rodamientos, etc.
 Revisión transfer, sustitución y verificación casquillos, bulones, etc.
 Montaje final, alineación, verificación geométrica, montaje carenado, etc.



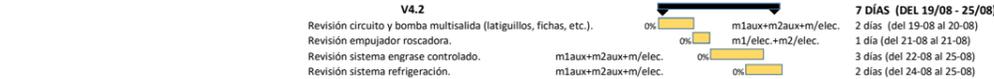
S2.1

Desmontaje carro y sistema tope
 Mecanización y ajuste del nuevo sistema.
 Montaje e integración en prensa. Verificado
 Desmontaje sistema de corte, guías, etc.
 Mecanizado de piezas
 Revisión, reposición y sustitución piezas, muelles, roldana, etc.
 Montaje y verificación en máquina.



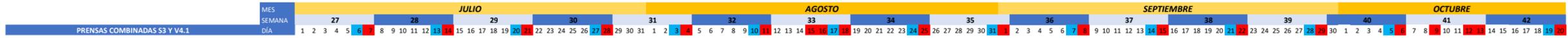
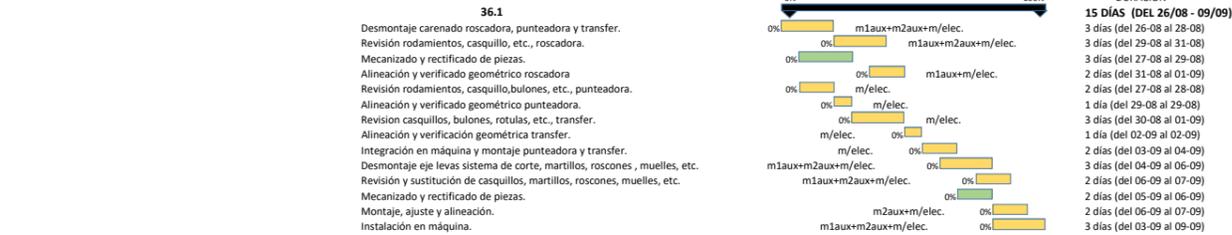
V4.2

Revisión circuito y bomba multisalida (latigillos, fichas, etc.).
 Revisión empujador roscadora.
 Revisión sistema engrase controlado.
 Revisión sistema refrigeración.



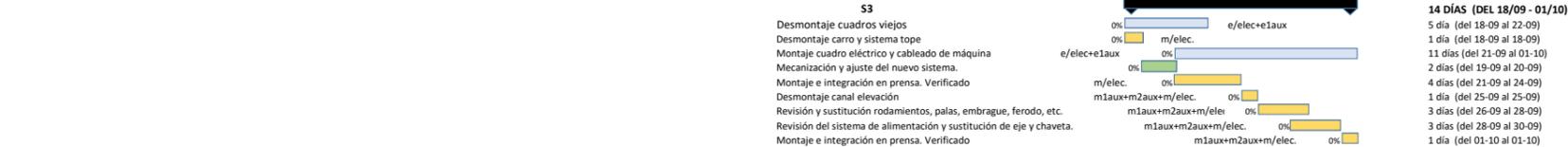
36.1

Desmontaje carenado roscadora, punteadora y transfer.
 Revisión rodamientos, casquillo, etc., roscadora.
 Mecanizado y rectificado de piezas.
 Alineación y verificado geométrico roscadora
 Revisión rodamientos, casquillo, bulones, etc., punteadora.
 Alineación y verificado geométrico punteadora.
 Revisión casquillos, bulones, rotulas, etc., transfer.
 Alineación y verificación geométrica transfer.
 Integración en máquina y montaje punteadora y transfer.
 Desmontaje eje levas sistema de corte, martillos, roscones, muelles, etc.
 Revisión y sustitución de casquillos, martillos, roscones, muelles, etc.
 Mecanizado y rectificado de piezas.
 Montaje, ajuste y alineación.
 Instalación en máquina.



S3

Desmontaje cuadros viejos
 Desmontaje carro y sistema tope
 Montaje cuadro eléctrico y cableado de máquina
 Mecanización y ajuste del nuevo sistema.
 Montaje e integración en prensa. Verificado
 Desmontaje canal elevación
 Revisión y sustitución rodamientos, palas, embrague, ferodo, etc.
 Revisión del sistema de alimentación, subsanación holguras
 Montaje e integración en prensa. Verificado



V4.1

Desmontaje carenado e hidráulica y extracción punteadora.
 Revisión sustitución de piezas punteadora.
 Mecanización y rectificado de piezas.
 Alineación y verificación geométrica punteadora.
 Revisión circuitos lubricación e hidráulico prensa.
 Saneamiento de cableado eléctrico.
 Revisión ruedas de alimentación
 Revisión bloque fijo roscadora y soporte introductor.
 Revisión cadena elevación tornillos.
 Revisión soporte y canal punteadora.

